

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

E.A.P DE MEDICINA VETERINARIA

**Relación de medidas biométricas y el desarrollo
macroscópico del intestino de la cría de alpaca
(Vicugna pacos)**

TESIS

para optar el título profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Manuel Enrique Paredes Páucar

Lima – Perú

2010

A mi familia. Manuel y Silvia, mis padres que marcarán siempre mi camino, por su apoyo incondicional, sus consejos y su fe. Por enseñarme mucho de lo poco que sé.

A mi madrina, por su aprecio constante, y ser mi segunda madre en todo. A mi hermana, por ser mi amiga y cómplice, el orgullo será siempre recíproco entre ambos.

A ti, Analí, mi compañera, mi más grande crítica y, también, mi más grande respaldo. Hiciste que todo fuera la mitad de difícil, porque estuviste conmigo todo el camino.

A mis amigos, todos ellos, los del colegio y facultad. Por los muchos años e innumerables momentos vividos, todas las alegrías y enseñanzas que disfrutamos y disfrutaremos.

A la doctora Miluska Navarrete Zamora por su confianza en mí, su paciencia y colaboración antes, durante y después de la realización de la presente tesis. Gracias por la oportunidad de alcanzar mis metas.

Al doctor Francisco Suárez Aranda por su interminable paciencia y disposición, sus conocimientos compartidos siempre serán recordados.

A los doctores Nieves Sandoval, Alberto Manchego, Danilo Pezo por sus enseñanzas y consejos; y su apoyo a lo largo de la realización del presente trabajo.

A mis alpacas, Manolito, Gery, Guille y todos aquellos silentes amigos que participaron de alguna forma en esta tesis. Por recordarme que a veces una mirada dice más que mil palabras.

CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO	i
LISTA DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1. Generalidades	2
2. Taxonomía.....	2
3. Características Anatómicas del Aparato Digestivo	3
3.1 Cavity Bucal	3
3.2 Faringe y Esófago	4
3.3 Estómago	5
3.4 Tracto Intestinal.....	6
3.4.1 Intestino Delgado.....	6
3.4.2 Intestino Grueso.....	7
4. Fisiología del Tracto Gastroentérico	8
4.1 Estómago	8
4.2 Intestino.....	10
5. Alpacas Neonatas.....	10
6. Desarrollo del Aparato Digestivo	11
7. Medidas Biométricas	14
III. MATERIALES Y MÉTODO	16
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	34
VII. BIBLIOGRAFÍA	35
VIII. ANEXOS	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Ecuaciones para estimar la longitud (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir de la edad (días) en alpacas crías hasta los 45 días de edad.	23
Cuadro 2.	Ecuaciones para estimar el diámetro (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir de la edad (días) en alpacas crías hasta los 45 días de edad.....	23
Cuadro 3.	Ecuaciones para estimar la longitud (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del peso vivo (Kg.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad... ..	23
Cuadro 4.	Ecuaciones para estimar el diámetro (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del peso vivo (Kg.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad	24
Cuadro 5.	Ecuaciones para estimar la longitud (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del perímetro abdominal (cm.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad.. ..	24
Cuadro 6.	Ecuaciones para estimar el diámetro (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del perímetro torácico (cm.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad.	24
Cuadro 7.	Coeficientes de correlación (r de Pearson) entre las medidas biométricas con edad y peso.....	25
Cuadro 8.	Coeficientes de correlación (r de Pearson) entre las medidas biométricas, edad y peso con las variables de desarrollo intestinal.....	25

RESUMEN

Uno de los periodos críticos en la producción de alpacas es el periodo inmediato postnacimiento. Durante este periodo el índice de mortalidad está dado principalmente por enfermedades entéricas, a su vez existen cambios dinámicos en la estructura intestinal correspondiente al cambio paulatino de dieta. Una medida adecuada del intestino provee un factor para una inmediata respuesta a cambios patofisiológicos, sin embargo, no existen trabajos con respecto a la anatomía de tracto intestinal en alpacas, ni su relación de estas con medidas biométricas. El presente estudio se llevó a cabo con 32 crías de alpacas comprendidas entre los 0 a 45 días de edad, a las cuales se les tomaron medidas biométricas (longitud corporal, altura a la cruz, perímetro torácico y perímetro abdominal) y medidas intestinales (longitud y diámetro de todas las porciones intestinales), a su vez también se registró edad y peso vivo. Los resultados demuestran que existe una relación de intensidad moderada a alta entre las medidas biométricas con el peso vivo de los individuos. A su vez, observaciones en la muestra total determinan que el intestino en su totalidad aumenta casi el doble de su tamaño dentro de los primeros 45 días de vida. Con respecto a las medidas intestinales, se pudo apreciar que en yeyuno y colon ascendente existe un desarrollo mayor en su longitud con respecto a su diámetro externo; así como el colon ascendente es la porción que presenta coeficientes de correlación moderados a altos, con peso vivo (0.682) y edad (0.741)

Palabras clave: alpaca, intestino, medidas biométricas, cría

ABSTRACT

One of the critical periods in the alpaca production is the immediate period postbirth. During this period the rate of mortality is given principally by enteric diseases, also dynamic changes exist in the intestinal structure corresponding to the gradual change of diet. A suitable measure of the intestine provides a factor for an immediate response to pathophysiological changes; nevertheless, there are no works with regard to the intestinal anatomy in alpacas, nor their relation of these with biometric measures. The present study took 32 alpacas between the 0 to 45 days of age, to which were taken biometric measurements (corporal length, height to the cross, thoracic perimeter and abdominal perimeter) and intestinal measures (length and diameter of all the intestinal portions), in turn also age and alive weight was registered. The relation among the diverse biometric measures, principally thoracic perimeter, with the alive weight of the animals presents a moderated to strong intensity. About the intestinal measures, they registered a wide range among these and the biometric measures, nevertheless, it could estimate considerable correlation index among the length of the jejunum and the alive weight of the animal (0.680), as well as with the thoracic perimeter (0.714). Observations in the total sample determine that the total intestine length increases almost the double of its size in the first 45 days of life.

Key words: alpaca, intestine, biometric measurements

I. INTRODUCCIÓN

Los camélidos sudamericanos (CSA) corresponden a especies nativas de la región altoandina del Perú, entre otros países de América del Sur. Su importancia económica en las sociedades campesinas de estas zonas es muy relevante, tanto en la producción de fibra (alpaca) como carne (llama).

Los estudios realizados en anatomía del aparato digestivo están centrados en animales adultos. Medidas anatómicas, tales como longitud y diámetro intestinal, son necesarias para evaluar el desarrollo macroscópico del tracto intestinal.

A su vez, a pesar de haber estudios que miden la correlación entre medidas biométricas y variables como peso, no existen estudios que evalúen estos parámetros con respecto al desarrollo intestinal, o la forma de establecer un patrón de la morfología intestinal a partir de medidas biométricas externas.

El presente trabajo busca aportar una visión anatómica y macroscópica del desarrollo intestinal, a partir de las medidas mencionadas, y su relación con las medidas biométricas; con el propósito de incrementar la casi nula información del tracto entérico en una etapa crítica como lo es el periodo inmediato post-natal.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Generalidades

En la actualidad el Perú es el principal productor de alpacas, albergando más del 85%, representado por 3 596 753 alpacas (Portal Agrario, 2009), con lo cual satisface el 82% de la demanda mundial de fibra (INIEA, 2006). La población total de las cuatro especies de CSA es de un poco más de 5 millones de cabezas (Portal Agrario, 2009).

Los camélidos sudamericanos (CSA) son animales que tienen gran importancia en la economía del pequeño productor altoandino, los cuales cuentan con el 85% de la producción nacional (INIEA, 2006). Estos brindan una alternativa de ingreso económico ante las especies pecuarias tradicionales que no tienen un rendimiento eficiente en la altura (CONCYTEC, 2006), aportando entre el 70 a 80% de sus ingresos generados en base a la venta de carne, fibra y reproductores (Portal Agrario, 2009).

2. Taxonomía

Reino:	Animalia
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Tetrapoda
Clase:	Mammalia

Subclase:	Theria
Orden:	Artiodactyla
Familia:	Camelidae
Género:	<i>Vicugna</i>
Especie:	<i>Vicugna pacos</i> (Kadwell <i>et al.</i> , 2001)

3. Características Anatómicas del Aparato Digestivo

El aparato reproductivo es el sistema de órganos más estudiado en los camélidos, estando por detrás de este los estudios dedicados al aparato digestivo. Ambos sistemas tienen características únicas, las cuales constituyen algunas de las más grandes diferencias que separan a los camélidos de los verdaderos rumiantes en el orden Artiodactyla (Fowler, 1999).

3.1 Cavity Bucal

La cavidad oral de los CSA es pequeña, se extiende desde los labios hasta el istmo de las fauces. Las ramas de las mandíbulas están dispuestas muy cerca y la lengua ocupa el espacio ventral. Los labios están firmemente opuestos a los dientes (Fowler, 1999; Sato y Montoya, 1989).

Los labios de los CSA son relativamente delgados. El labio superior se encuentra dividido por un surco medio (labio leporino), a su vez, el labio inferior es relativamente grande, colgante en animales viejos (San Martín, 1998; Fernández Baca, 1991; Fowler, 1999), ambos forman el rima oris (Sato y Montoya, 1989). La superficie externa presenta pelos táctiles poco desarrollados (Sato y Montoya, 1989).

La lengua es relativamente inmóvil, no protuible y no se usa para aprehensión de alimentos (Fowler, 1999; Fernández Baca, 1991). La raíz tiene su base en el hueso hioides; el dorso presenta el torus lingual de forma acorazonada y el ápex lingual termina de forma redondeada y muestra un surco lingual (Butendieck y Vargas, 1998). Presenta las siguientes papilas

linguales: mecánicas: papilas filiformes y lenticulares; y gustativas: fungiformes y circunvaladas (Castellanos, 1993; Ortiz *et al*, 1974).

Una de las diferencias anatómicas de los camélidos y los rumiantes radica en la anatomía dental. Los dientes son de crecimiento continuo, alcanzándose el desarrollo dentario completo a los 4 – 5 años (Bustinza, 2001). La fórmula dentaria es de la siguiente forma: temporales: $2 (I\ 0/3; M\ 3/2) = 16$; permanente: $2 (I\ 1/3; C\ 1/1; P\ 2/1; M\ 3/3) = 30$ (Fernández Baca, 1991). Sin embargo, no existe un patrón definitivo puesto que otros autores dan un número total de 28 – 32 dientes permanentes (Wheeler, 1982). Los incisivos superiores son bastante desarrollados (Sato y Montoya, 1989), los inferiores presentan superficie cortante en forma de cuña (San Martín, 1998). Los premolares y molares son anchos, no teniendo una clara división entre la corona y la raíz (Sato y Montoya, 1989) con su superficie masticatoria desprovista de esmalte (De la Vega, 1950).

3.2 Faringe y Esófago

La faringe es un saco musculomembranoso con forma de embudo, con límites hacia rostral con la boca y la cavidad nasal, mientras que su parte caudal se comunica con el esófago y laringe (Sato y Montoya, 1989). El área de la orofaringe comprende al espacio orofaríngeo, el paladar blando elongado, y la base de la lengua (Fowler, 1999). La faringe forma parte de los aparatos digestivo y respiratorio, permitiendo el traspaso de los alimentos al esófago y del aire hacia la laringe.

El esófago de los camélidos es similar al de los rumiantes. Se aprecia como un tubo musculomembranoso sumamente largo, que se extiende desde la faringe hasta el estómago, pudiendo medir 70 a 80 cm y un diámetro de 2 a 4 cm (Sato y Montoya, 1989). El esófago en las alpacas durante su trayecto realiza distintos cambios de dirección, en su porción inicial se localiza dorsolateralmente en el lado izquierdo de la tráquea para después localizarse por encima de la tráquea en la cavidad torácica. Posteriormente es desplazado

hacia la derecha por la arteria aorta y para finalmente regresar al lado izquierdo del plano medio, situándose por debajo de la aorta hasta llegar al hiato esofágico (Soto, 1982).

3.3 Estómago

No existe una nomenclatura uniforme para designar a los compartimientos estomacales en los camélidos. Sin embargo, una de las nomenclaturas más aceptadas es tratar al estómago como tres compartimientos numerados como C1, C2 y C3, conteniendo este último al estómago glandular (o estómago “verdadero”) (Smuts y Bezuidenhout, 1987). Los C1, C2 y C3 corresponden al 83%, 6%, y 11%, respectivamente del volumen total del estómago (Vallenas *et al.*, 1971).

La anatomía del estómago de los camélidos difiere considerablemente del de los rumiantes verdaderos (Sato y Montoya, 1989). Los compartimientos del estómago de los camélidos no son análogos morfológicamente a los de los rumiantes (Fernández Baca, 1991). Los patrones de motilidad son marcadamente diferentes en camélidos, y el tiempo de rumia y eructación durante el ciclo de motilidad también varían de aquellos de un estómago rumiante (Ehrlein y Engelhardt, 1971).

El primer compartimiento (C1) ocupa gran parte del lado izquierdo de la cavidad abdominal (Sato y Montoya, 1989). La presencia de un pilar transversal divide débilmente al C1 en sacos dorsal (craneal) y ventral (caudal) (Vallenas *et al.*, 1971; Fowler, 1999), este pilar se extiende desde el orificio cardial hasta el tercio posterior del C1 (De la Vega, 1950).

El segundo compartimiento (C2) ocupa el plano medio y derecho de la cavidad abdominal (Sato y Montoya, 1989), encontrándose situado en la superficie craneodorsal del C1. La superficie mucosa del C2 es glandular excepto por una reducida zona que constituye el surco esofágico o ventricular (Fowler, 1999).

El tercer compartimiento (C3) yace en la superficie derecha del C1 en el abdomen medioventral derecho (Fowler, 1999). Este compartimiento parte desde el lado craneal de C2 hasta continuarse con el estomago glandular sin que exista una variación apreciable entre sus diámetros así como la presencia de un esfínter que limite ambos segmentos (De la Vega, 1950).

3.4 Tracto Intestinal

El intestino de los CSA no presenta muchas variaciones con los de los rumiantes verdaderos, asemejándose principalmente al del ovino. El intestino de la alpaca tiene una longitud aproximada total de 22,9 m, correspondiendo 13,4 m al intestino delgado y 9,5 m al intestino grueso (Guzmán, 1970; Sato *et al.*, 1968). A lo largo de su recorrido posee un diámetro promedio de 2 a 3 cm (Sato y Montoya, 1989). Todas estas medidas se registraron en animales adultos mayores de dos años (Sato *et al.*, 1968).

3.4.1 Intestino Delgado

El intestino delgado de la alpaca es un tubo largo que conecta el estómago glandular con el intestino grueso, iniciándose en el píloro y termina en el ciego (Sato y Montoya, 1989). Como en el resto de mamíferos esta compuesto por el duodeno, yeyuno e ileon.

El duodeno de la alpaca es la primera porción del intestino delgado, midiendo 50 cm de longitud aproximadamente en alpacas adultas (De la Vega, 1950), en llamas adultas fue menor a 1 m (Fowler, 1999). Se inicia en el píloro, presenta una dilatación en su porción inicial, aproximadamente a 12 y 29 cm de su inicio (Montalvo, 1966), conocida como la ampolla duodenal, esta posee unos 6 cm de ancho por 4 a 5 cm de longitud (Sato y Montoya, 1989). El curso del duodeno es por el lado derecho del C1 hacia la zona dorsal de la cavidad abdominal justo caudal al hígado (Fowler, 1999), pasando del plano derecho al izquierdo por detrás de la arteria mesentérica craneal (Sato y Montoya, 1989).

El yeyuno es la segunda porción del intestino delgado y la más extensa comparada a las demás porciones intestinales, llegando a alcanzar en alpacas 12,40 m aproximadamente (De la Vega, 1950); en llamas de 140 Kg. de peso se han registrado medidas de 9,50 a 10 m (Fowler, 1999). El yeyuno a lo largo de su recorrido forma pliegues o asas intestinales en forma de U alrededor de la raíz del mesenterio, en la parte caudal derecha del abdomen (Sato y Montoya, 1989, Fernández Baca, 1991).

Finalmente el íleon es la última porción del intestino delgado. Se han dado diversos registros para su longitud en CSA; en alpacas adultas se registra 10 cm aproximadamente (Sato y Montoya, 1989), mientras que en llamas adultas se estima alrededor de 1 m (Fowler, 1999). Esta porción se extiende desde el borde libre del pliegue ileocecal, en la zona ventral, dirigiéndose a la parte media y dorsal hasta el orificio ileocecal para comunicarse con el intestino grueso (Fernández Baca, 1991; Sato y Montoya, 1989).

3.4.2 Intestino Grueso

El intestino grueso se extiende desde el orificio ileocecal hasta el ano. Tiene una longitud aproximada de 9,50 m y 5 cm de diámetro en promedio (Sato y Montoya, 1989). Se divide en tres porciones: ciego, colon y recto.

El ciego de la alpaca es un saco ciego que mide en promedio 14,8 cm de longitud y 7 cm de diámetro (Sato y Montoya, 1989, Sato *et al.*, 1968). El ciego yace en la línea media y esta dirigido caudalmente hacia la entrada de la pelvis, o puede curvarse ventral y lateralmente a la izquierda (Fowler, 1999). La mucosa presente en el ciego se muestra generalmente lisa (Montalvo, 1966).

El colon es la segunda porción del intestino grueso, se inicia cerca al orificio ileocecal y termina en el recto. El colon de los camélidos es similar al de los rumiantes verdaderos. Se consideran tres porciones: colon ascendente (CA), colon transverso (CT) y colon descendente (CD) (Sato y Montoya, 1989).

El CA esta compuesto por las siguientes asas: asa proximal, asa espiral (pliegues centrípetos, flexura central y pliegues centrífugos) y el asa distal (Sato y Montoya, 1989). El asa proximal comienza como una continuación del ciego en el plano derecho, cursa craneal y ventralmente para entrar en el asa espiral. La parte inicial del asa proximal esta débilmente adherida mediante el mesenterio a las asas espirales, las cuales son más compactas (Fowler, 1999; Sato y Montoya, 1989). El asa espiral esta conformada por 5,5 pliegues centrípetos y por debajo de estas 4,5 pliegues centrífugos, a diferencia de los bovinos y ovinos que poseen 2 y 3, respectivamente. El colon espiral yace sobre la pared abdominal medio ventral. El último pliegue centrífugo da lugar al asa distal, la cual se encuentra al lado del asa proximal (Sato y Montoya, 1989; De la Vega, 1950) pasando por detrás de la arteria mesentérica craneal (Fernández Baca, 1991).

Se denomina CT al paso del colon del plano derecho al izquierdo, craneal a la arteria mesentérica y continuándose hacia la cavidad pélvica con el CD el cual se comunica finalmente con el recto (Sato y Montoya, 1989).

El recto es la porción terminal del tracto intestinal cuya abertura externa es el ano. Este se encuentra constituido por dos partes: una parte craneal intraperitoneal y otra parte caudal retroperitoneal, en esta última se localiza la ampolla rectal (Sato y Montoya, 1989).

4. Fisiología del Tracto Gastroentérico

4.1 Estómago

El C1 debido a su musculatura realiza contracciones poderosas, mediante las cuales el contenido estomacal se mezcla y divide. Estas contracciones se dan de forma cíclica de caudal a craneal a diferencia de los verdaderos rumiantes en que la dirección es craneal a caudal (Fowler, 1999). El ciclo se inicia con una única y rápida contracción del C2, la cual por acción

sobre el pilar transversal del C1 causa inmediatamente contracciones simultáneas de los sacos caudo-dorsal y caudo-ventral del C1, seguidas a su vez por contracciones del saco craneal. Estas primeras contracciones del C1 son seguidas por 6 a 8 contracciones adicionales, antes de ocurrir una segunda contracción en el C2 y comenzar un siguiente ciclo. La duración de un ciclo es en promedio 1,8 minutos cuando el animal está en reposo (Vallenas, 1965). La ingestión de alimento no afecta considerablemente la frecuencia de las contracciones del C2, no siendo el caso en los sacos caudal y craneal del C1 (Fernández Baca, 1991).

La rumia depende del movimiento de los dos primeros compartimientos. El saco craneal del C1 muestra contracciones adicionales no precedidas por las del saco caudal, dichas contracciones preceden a la regurgitación. Durante un ciclo de motilidad, se pueden producir 3 a 4 actos de regurgitación, acompañados de 3 a 4 ciclos de rumia, los cuales se producen con una frecuencia de 1,4 ciclos por minuto (Fernández Baca, 1991).

Al igual que en los rumiantes verdaderos el producto final de la fermentación de carbohidratos son los ácidos grasos volátiles (AGV) (Engelhardt *et al.*, 1984). Vallenas y Stevens (1971) observaron que la producción de AGV alcanza un pico de 1,5 a 2 horas en C1 después del inicio de la ingesta de alimentos, disminuyendo progresivamente hasta después de 5 a 6 horas. Semejantemente a los ovinos, las concentraciones de pH son inversamente proporcionales con respecto a la concentración de AGV, sin embargo los CSA poseerían mecanismos tamponantes más efectivos (Vallenas *et al.*, 1973). Esto permitiría que los CSA tuvieran una mayor producción microbiana debido a que las condiciones bajas en pH incrementan los requerimientos energéticos de las bacterias presentes en C1 y C2 (San Martín, 1998).

Se ha estimado en 50,3 h el periodo de retención total de partículas en el tracto digestivo en alpacas, en comparación con 43,2 h para ovinos (Flórez, 1973). Este periodo más prolongado permitiría una mejor fermentación

microbiana sobre estos alimentos, así aprovechando mejor los alimentos en relación con otros rumiantes.

4.2 Intestino

En los CSA no existe diferencia marcada con respecto a la fisiología entérica de los rumiantes verdaderos, en base a la concentración de AGV totales y el pH del contenido intestinal (San Martín, 1998). Estudios realizados por Vallenas *et al.* (1973) determinan un aumento en la concentración de AGV en las porciones del ciego y colon ascendente, comparado a duodeno, yeyuno e íleon, sin embargo estas son menores a las encontradas en ovinos y vacunos. Esto revela una fermentación intermedia en estas porciones del intestino de los CSA.

En el caso del intestino grueso se estimó un tiempo de retención de 11 y 6 h para llamas y ovinos, respectivamente (San Martín y Bryant, 1988). Esto corrobora la suposición de una mayor fermentación microbiana, lo que permite un mantenimiento más prolongado de concentraciones elevadas de AGVs. Esto sugiere que los CSA dan un mejor uso a los alimentos de baja calidad o de alto contenido ligno-celulósico en relación a los rumiantes verdaderos (Fernández Baca, 1991).

5. Alpacas Neonatas

El último tercio de gestación en alpacas coincide mayormente con la época de escasez de forraje, lo que conlleva a crías de bajo peso al nacimiento. Se ha visto que crías nacidas en los meses de marzo y abril, con mayor disponibilidad de forraje de buena calidad, han nacido con mayor peso con respecto a crías nacidas en enero y febrero. Esta diferencia de pesos se ve reflejada hasta el año de edad (Agramonte, 1988).

Ante las situaciones adversas del medio ambiente la alpaca cría parece haber desarrollado mecanismos de adaptación. La alpaca cría nace con una

tasa de glucemia elevada (180.7 mg/100 mL) en la sangre, la cual tiende a normalizarse a las 7 u 8 semanas de vida, la cual es importante para el metabolismo de carbohidratos (Bustinza, 2001).

El destete en la mayoría de especies constituye un periodo crítico nutricional. En alpacas, y camélidos sudamericanos en general, el destete completo se da a los 7 meses en promedio. Sin embargo previamente se pueden identificar 3 períodos de alimentación distintos: (i) Lactancia pura: alimentación netamente de leche materna hasta los 8 días después del crecimiento; (ii) Alimentación intermedia: periodo de adaptación hacia un consumo de pastos, se ha demostrado que un 100% de animales consume pasto ya a los 15 a 18 días de edad; y (iii) consumo mixto entre leche materna y pastos naturales con mayor frecuencia por las mañanas, con contenido variados en los compartimientos estomacales (Bustinza, 2001).

La mortalidad neonatal ocurre en altos niveles en todas las especies de mamíferos (Odle *et al.*, 1996). Los principales problemas sanitarios de las alpacas crías se desarrollan en el tracto gastrointestinal, pudiendo en el caso de la enterotoxemia producida por *Clostridium perfringens* causar mortalidad que varía entre 50 y 70% (Moro, 1956; Ramírez *et al.*, 1985), entre la 2ª y 3ª semanas de edad (Ramírez *et al.*, 1985).

6. Desarrollo del Aparato Digestivo

En los mamíferos, durante el periodo inmediato postnatal, ocurre el crecimiento del intestino junto con cambios en su estructura, función y contenidos enzimales. Los tejidos gastrointestinales se desarrollan a índices mayores comparados a aquellos del cuerpo entero durante el periodo postnatal (Cera *et al.*, 1988), en lechones el peso del intestino delgado llega a duplicarse dentro de los primeros 2 – 4 días de vida (Zabielski *et al.*, 2008). Extensa literatura con respecto al desarrollo gastrointestinal de especies rumiantes está enfocada en el estómago, pero muy poco es disponible en la ontogenia del intestino delgado (Roy, 1990).

En los rumiantes, durante el periodo de lactancia, debido al cierre del surco esofágico que desvía la leche directamente al omaso, el retículo y rumen no sufren mayor desarrollo (Odle *et al.*, 1996). Este mecanismo también se encuentra presente en CSA, en los cuales el surco esofágico (o ventricular) permite el paso de la leche desde esófago al C3, omitiendo C1 y C2. Sin embargo, no se han realizado estudios para determinar la relevancia de este mecanismo en el desarrollo de estos últimos compartimientos.

El desarrollo postnatal del sistema gastrointestinal es un proceso muy dinámico. Estudios realizados en lechones (Widdowson, 1984; Zabielski *et al.*, 2008), ratas (Buts y DeMeyer, 1981) y aves de corral (Lija *et al.*, 1985), demuestran que los órganos del aparato digestivo son los de mayor crecimiento, principalmente el intestino delgado, seguido del páncreas (Zabielski *et al.*, 2008). De hecho, el intestino delgado representa la mayor porción (60%) de la masa gastrointestinal en corderos lactantes (Lyford, 1988) y terneros (Thivend *et al.*, 1980). En lechones el intestino delgado dentro de las primeras cuatro semanas de vida, llega a alcanzar el 4.03% del peso corporal (Zabielski *et al.*, 2008).

Zabielski *et al.* (2008) postularon tres mecanismos para el desarrollo entérico en lechones: (a) el incremento del flujo sanguíneo a nivel gastrointestinal en paralelo con una reducción de la resistencia vascular basal (Nankervis *et al.*, 2001), (b) acumulación de proteínas del calostro en los enterocitos como resultado de una “barrera intestinal” abierta (Burrin *et al.*, 1992), y finalmente (c) cambios en la activación de las células epiteliales, entendiéndose, mitosis incrementada acompañada por la inhibición de la apoptosis lo que resulta en un incremento doble en el índice mitosis/apoptosis dentro de los primeros días de vida (Godlewski *et al.*, 2005). La acumulación de proteínas calostrales, principalmente IgG, estaría relacionada con un aumento de la masa intestinal; mientras que, la hiperplasia estaría relacionada con un aumento en su longitud (Widdowson *et al.*, 1976).

El desarrollo perinatal del sistema gastrointestinal puede ser dividido en tres fases. La fase prenatal esta caracterizada por estimulación mínima del lumen gastrointestinal; la fase neonatal esta asociada con la ingesta de leche, y la fase post-destete esta asociada con la adaptación del sistema digestivo para utilizar alimentos sólidos. Durante estas tres fases el desarrollo gastrointestinal en los mamíferos generalmente tiene un patrón fijo, sin embargo, este puede ser alterado por los periodos de lactancia y tiempo al destete (Cera *et al.*, 1988; Zabielski *et al.*, 2008). Es en este periodo en que el cambio de alimento líquido a sólido toma lugar.

La interacción de la dieta, crecimiento intestinal y funciones digestivas es crítica durante el periodo perinatal cuando los mamíferos cambian de una nutrición placentaria a una de tipo entérica. El inicio de la lactancia inicia un rápido crecimiento intestinal neonatal en diversas especies (Berseth *et al.*, 1983; Gall y Chung, 1982; Schwarz y Heird, 1994), debido a la necesidad de digerir y absorber nutrientes de la leche materna (Morriset, 1993), pero la falta de crecimiento intestinal en gatos durante la primera semana de vida (Buddington y Diamond, 1992) indica que la respuesta no es universal. En rumiantes, Hofmann (1984) señala que las diversas porciones del sistema digestivo sufren modificaciones de acuerdo al tipo morfofisiológico de alimentación, sin embargo, estudios llevados a cabo por Baldwin (2000) demostraron que la forma física de la dieta no tiene algún impacto en la masa intestinal, sino la calidad de esta. No se conocen registros al respecto en CSA.

En CSA se ha determinado en base a concentraciones de AGC totales y pH que el colon ascendente (asa proximal) alcanza una madurez funcional entre la 12 a 16 semanas de vida, un periodo similar se determina en el caso del estómago (Esquerre *et al.*, 1979).

7. Medidas Biométricas

Se han realizado diversos estudios en medidas e índices biométricos en CSA, principalmente llamas, para determinar su potencial en producción de

carne. En el caso de las crías esto se ha hecho con tal de lograr una buena predicción para la selección de individuos, habiéndose determinado que es el perímetro torácico el que tiene mayor relación con el peso vivo del individuo (Llaca *et al*, 2007). Riek y Gerken (2007) demostraron que estas medidas fueron significativamente influenciadas por la edad, pero no por el sexo. Para el caso de crías se han establecido los siguientes valores en llamas:

Tabla .1 Medidas biométricas de llamas crías				
Autor	Edad	Raza	Medidas Biométricas	
			Peso Vivo	Perímetro Torácico
Llaca <i>et al.</i> (2007)	1 mes	K'ara	17.3 ± 2.2	59.2 ± 3.9
		Ch'accu	16.3 ± 2.5	57.7 ± 3.7
	3 meses	K'ara	26.3 ± 3.6	70.1 ± 3.5
		Ch'accu	25.3 ± 3.2	68.6 ± 3.4
Leyva y Falcón (2007)	1 mes	-	16.8 ± 2.32	59.6 ± 3.87
	2 meses	-	21.4 ± 3.26	63.5 ± 4.11
Zea <i>et al.</i> (2007)	2 meses	-	39.3 ± 4.7	22.0 ± 3.8

No existe un patrón definido sobre las medidas biométricas más importantes, ni mucho menos correlaciones establecidas con respecto a órganos internos en el caso de CSA. Bustinza *et al.* (1985) tomaron como medidas referenciales: peso vivo, perímetro torácico, longitud de cuerpo, altura a la cruz, altura a la grupa, entre otras medidas. Sin embargo, también puede considerarse perímetro abdominal (Sato *et al.*, 1987, Romero, 1989).

Los estudios realizados en medidas biométricas en alpacas crías son escasos. Quispe *et al* (1997) realizaron un estudio en alpacas menores de dos años de edad, encontrando las siguientes medidas: 136.50 ± 12.12 cm (largo del cuerpo), 78.37 ± 5.71 cm (altura a la cruz), 87.62 ± 3.07 cm (perímetro torácico) y 37.00 ± 6.65 kg. (peso vivo).

En el caso de alpacas el peso tiene una relación positiva y significativa con: perímetro torácico, perímetro abdominal, profundidad, largo del cuerpo, amplitud del tórax, largo de cabeza, largo dorsal y el alto del cuello, en orden de importancia (Bustinza, 2001). A pesar de no ser el sexo un factor determinante, solo en el caso de perímetro torácico y perímetro abdominal existe una diferencia importante a favor de la hembra (Quispe *et al*, 1997), sin embargo esto no siempre se puede apreciar.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de Estudio

El muestreo del presente estudio se realizó entre febrero y marzo del 2009 en la estación experimental IVITA – Maranganí, situada en la localidad del Maranganí, provincia de Canchis, departamento de Cuzco. Posteriormente, el procesamiento de los datos se realizó en la ciudad de Lima, Perú.

2. Número de animales muestreados

Se emplearon 32 crías de alpaca, aparentemente sanas, comprendidas entre los 0 y 45 días de edad, adquiridas de productores ganaderos de la provincia de Canchis, departamento de Cuzco. La totalidad de los individuos eran de descarte por motivos fenotípicos no deseados en la producción (fibra de diversos colores, presencia de ojo zarco, machos monorquídeos o criptorquídeos)

3. Materiales:

Equipo e instrumental

- Guantes de látex (talla S y M)
- Mamelucos.
- Botas.
- Balanza de pie

- Cinta métrica.
- Equipo de disección básico (bisturí, tijera, pinzas, sonda acanalada)
- Hojas de bisturí N° 21.
- Cuchillo carnicero.
- Costo tomo.
- Pabilo grueso.
- Plumones indelebles gruesos.
- Cuaderno de registro de mediciones.

4. Metodología:

Empleando el siguiente protocolo se tomaron las mediciones siguientes:

1. Tamaño y peso de la cría de alpaca: longitud corporal, altura a la cruz, perímetro torácico y perímetro abdominal.
2. Longitud del intestino delgado: duodeno, yeyuno e íleon.
3. Diámetros externos del intestino delgado: duodeno, yeyuno e íleon.
4. Longitud del intestino grueso: ciego, colon (ascendente, transverso, descendente), recto.
5. Diámetros externos del intestino grueso: ciego, colon (ascendente, transverso, descendente), recto.

4.1 Toma de Medidas Biométricas

1. El peso del animal se obtuvo sustrayendo el peso del manejador del peso conjunto obtenido al pesar al manejador y el animal.
 - Mediciones externas: se tomaron con el animal en pie:
 - Longitud corporal: con la cinta métrica se midió en el dorso del animal, desde el nivel del manubrio del esternón hasta el nivel de la tuberosidad isquiática.
 - Altura: la medición se realizó desde la cruz (teniendo como referencia la 6ª vertebra torácica) hasta la palma de la mano de la alpaca (Bustinza, 2001).

- Perímetro torácico: alrededor del tórax inmediatamente detrás de la escápula (borde posterior).
 - Perímetro abdominal: alrededor del abdomen, a la altura del ombligo.
2. Se tomaron los datos y se anotaron en el cuaderno de registro junto con datos generales de identificación (edad, raza y sexo).

4.2 Protocolo de Apertura del Animal:

1. El animal una vez eutanasiado por sangría de la vena yugular, fue puesto en posición decúbito dorsal.
2. Se realizó un corte a nivel de la línea media del abdomen desde la región xifoidea a la parte anterior del pubis.
3. La pared abdominal fue seccionada mediante dos cortes transversales de la región umbilical hacia el lado derecho e izquierdo respectivamente, entre el arco costal y la protuberancia pélvica.
4. Una vez las vísceras quedaron expuestas, se removió el omento mayor de su inserción en las curvaturas mayor y menor del segundo y tercer compartimiento gástrico y la superficie derecha del primer compartimiento.

4.3 Protocolo para mediciones:

- Delimitación de las porciones intestinales:

La división macroscópica del intestino delgado en duodeno, yeyuno e íleon se considera sobre la base de sus relaciones más que a una diferencia macroscópica observable.

Duodeno: se delimitó desde el esfínter pilórico hasta la flexura duodeno yeyunal, localizada a la izquierda de la arteria mesentérica craneal.

Yeyuno: la porción más larga del intestino delgado, se delimitó desde la flexura duodeno yeyunal hasta el íleon.

Íleon: la diferencia macroscópica con el yeyuno es a veces imperceptible, para ello antes de desenvolver todas las asas

yeyunales, se observó su relación hacia el intestino grueso, pues el íleon generalmente es corto y no consta de asas, así como que se abre en el ciego a través del orificio ileocecal. Por lo tanto se consideró íleon del ciego a unos 4 cm. hacia craneal.

Ciego: primera porción del intestino grueso, es un saco ciego que termina en punta roma. Se demarcó desde el orificio cecocólico hasta la extremidad ciega.

Colon: segunda porción del intestino grueso, se inicia a nivel del orificio cecocólico y termina en el recto. Se consideraron las siguientes porciones: colon ascendente (asa proximal, asa espiral con sus giros centrípetos, flexura central y pliegues centrífugos y el asa distal), colon transverso y colon descendente. Se delimitaron cada una de estas porciones por separado teniendo como referencia sus relaciones anatómicas.

Recto: constituye la porción terminal del intestino grueso cuya abertura externa es el ano. Se delimitó desde el límite aparente con el colon descendente hasta 2 cm. aproximadamente anterior al ano. Inmediatamente después se removieron los intestinos in situ, cortándose la raíz del mesenterio.

- **Medición de la longitud de las porciones intestinales:**

No se han encontrado protocolos estandarizados previos con respecto a la medición de longitud del intestino. El presente protocolo usado fue evaluado previamente tomándose como el más efectivo.

Los intestinos removidos fueron colocados en bandejas para retirar el mesenterio y lograr una correcta extensión de las diversas asas intestinales y proceder a su medición.

Cuando la totalidad del tracto intestinal estuvo completamente extendido se procedió a medir con la cinta métrica las diversas porciones intestinales haciendo uso de las delimitaciones echas previamente.

Se anotaron todos los resultados en el cuaderno de registro.

- Medición de los diámetros externos de las porciones intestinales:

De forma similar a la longitud no se reportan protocolos estandarizados previos para la medición del diámetro externo. Para el presente estudio se realizaron ensayos previos con la finalidad de determinar un protocolo de medición del diámetro externo del intestino.

Se optó por usar un pedazo de pabilo el cual rodeaba la superficie externa de las porciones intestinales a medir. Una vez obtenida la longitud de este pedazo de pabilo, mediante la formula geométrica de perímetro de una circunferencia se halló el diámetro externo de las diversas porciones intestinales ($\pi = 3.1416$).

Las mediciones de diámetro se tomaron en la totalidad de las porciones intestinales:

Duodeno, se midió 10 cm caudal al píloro.

Yeyuno, se midió a la mitad del largo de las asas yeyunales.

Íleon, se midió 2 cm antes de llegar al ciego.

Ciego, Colon Ascendente, Colon Transverso, Colon Descendente, Recto, se midió en el punto medio de longitud de cada uno.

Las mediciones del diámetro externo fueron realizadas en sectores carentes de contenido intestinal, aparentemente normales en su distensión y grosor de la pared intestinal.

5. Análisis Estadístico:

Los resultados de las variables evaluadas, tanto aquellos de crecimiento (medidas biométricas) como de desarrollo intestinal (longitud y diámetro), se analizaron para determinar una relación de asociación entre ellos mediante el índice de correlación. La interpretación de los resultados carece de un patrón fijo establecido en la literatura, por lo que frecuentemente se emplea la siguiente clasificación:

Tabla 2 Interpretación del coeficiente de correlación	
Coeficiente de correlación	Interpretación
0.00 – 0.20	Muy bajo
0.21 – 0.40	Bajo
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Alto
0.81 – 1.00	Muy alto

A su vez se aplicó la regresión lineal a fin de estimar los valores medios de algunas variables (dependientes) en función de otras (independientes):

En el presente estudio se tomaron como variables independientes la edad, peso y perímetro abdominal, las cuales fueron comparadas de forma individual con las variables dependientes: medidas de desarrollo intestinal (longitud y diámetro de todas las porciones intestinales). Para esto se usó el programa estadístico de distribución gratuita G-Stat 2.0.

Los resultados de este análisis de regresión conllevan al modelo o ecuación de la recta:

$$Y = a + b \cdot X$$

Donde:

- Y : Valor de la variable dependiente
- X : Valor de la variable independiente
- a : intersección de la recta con el eje y ó término “constante”
- b : pendiente de la recta (ó la cantidad con la cual Y cambia por cada unidad de cambio en X)

IV. RESULTADOS

Los datos colectados de las variables de crecimiento (medidas biométricas) y desarrollo intestinal fueron ordenados por edad cronológica (días) para su posterior análisis.

Se determinó la ecuación para estimar los valores medios de diversas medidas de desarrollo intestinal (variables dependientes) a partir de la edad, peso y medida del perímetro abdominal, siguiendo un modelo de regresión lineal simple.

Las ecuaciones que se obtuvieron fueron evaluadas, mediante el método ANOVA, para determinar su significancia estadística ($p < 0.01$), haciendo uso de la tabla *F*. En el presente estudio, en la totalidad de las ecuaciones, el modelo lineal proporciona un buen ajuste para los datos, por lo cual se procedió con el análisis y se toman las ecuaciones como válidas.

Las ecuaciones resultantes para estimar longitud y diámetro de las diversas porciones intestinales se pueden apreciar en los cuadros 1 al 6. El modelo lineal de la recta, para cada par de variables (independiente vs dependiente) puede ser apreciado en el apartado Anexos.

Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la longitud (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir de la edad (días) en alpacas crías hasta los 45 días de edad. $p < 0.01$		
Duodeno	DL	= 48.1701 + 0.5257EDAD
Yeyuno	YL	= 605.1317 + 5.8517EDAD
Íleon	IL	= 6.6551 + 0.3559EDAD
Ciego	CiL	= 7.8632 + 0.1178EDAD
Colon ascendente	CAL	= 184.3366 + 3.0677EDAD
Colon transverso	CTL	= 6.0861 + 0.0789EDAD
Colon descendente	CDL	= 30.6796 + 0.6674EDAD
Recto	RL	= 10.3682 + 0.0925EDAD

Cuadro 2. Ecuaciones para estimar el diámetro externo (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir de la edad (días) en alpacas crías hasta los 45 días de edad. $p < 0.01$		
Duodeno	DD	= 0.5540 + 0.0059EDAD
Yeyuno	YD	= 0.5700 + 0.0072EDAD
Íleon	ID	= 0.4606 + 0.0100EDAD
Ciego	CiD	= 1.2399 + 0.0208EDAD
Colon ascendente	CAD	= 0.5088 + 0.0071EDAD
Colon transverso	CTD	= 0.5248 + 0.0061EDAD
Colon descendente	CDD	= 0.6528 + 0.0060EDAD
Recto	RD	= 1.3326 + 0.0199EDAD

Cuadro 3. Ecuaciones para estimar la longitud (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del peso vivo (Kg.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad. $p < 0.01$		
Duodeno	DL	= 38.9457 + 2.0114PV
Yeyuno	YL	= 463.9205 + 26.2496PV
Íleon	IL	= 1.7647 + 1.2261PV
Ciego	CiL	= 5.9932 + 0.4310PV
Colon ascendente	CAL	= 126.5923 + 12.1300PV
Colon transverso	CTL	= 4.2074 + 0.3514PV
Colon descendente	CDL	= 21.9053 + 2.2596PV
Recto	RL	= 9.1498 + 0.3133PV

Cuadro 4. Ecuaciones para estimar el diámetro externo (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del peso vivo (Kg.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad. $p < 0.01$			
Duodeno	DD	= 0.4418	+ 0.0234PV
Yeyuno	YD	= 0.4773	+ 0.0242PV
Íleon	ID	= 0.2759	+ 0.0391PV
Ciego	CiD	= 0.8974	+ 0.0774PV
Colon ascendente	CAD	= 0.4090	+ 0.0248PV
Colon transverso	CTD	= 0.4067	+ 0.0244PV
Colon descendente	CDD	= 0.4933	+ 0.0283PV
Recto	RD	= 0.9765	+ 0.0768PV

Cuadro 5. Ecuaciones para estimar la longitud (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del perímetro abdominal (cm.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad. $p < 0.01$			
Duodeno	DL	= 15.8327	+ 0.9442PA
Yeyuno	YL	= 276.2432	+ 9.8309PA
Íleon	IL	= -10.9275	+ 0.5450PA
Ciego	CiL	= 3.0198	+ 0.1591PA
Colon ascendente	CAL	= 10.9237	+ 5.1755PA
Colon transverso	CTL	= 1.2467	+ 0.1414PA
Colon descendente	CDL	= -2.5166	+ 1.0269PA
Recto	RL	= 7.2392	+ 0.1101PA

Cuadro 6. Ecuaciones para estimar el diámetro externo (cm.) de las diversas porciones intestinales a partir del perímetro torácico (cm.) en alpacas crías hasta los 45 días de edad. $p < 0.01$			
Duodeno	DD	= 0.2713	+ 0.0088PA
Yeyuno	YD	= 0.2274	+ 0.0107PA
Íleon	ID	= -0.0307	+ 0.0152PA
Ciego	CiD	= 0.4103	+ 0.0275PA
Colon ascendente	CAD	= 0.2057	+ 0.0099PA
Colon transverso	CTD	= 0.2208	+ 0.0094PA
Colon descendente	CDD	= 0.2908	+ 0.0106PA
Recto	RD	= 0.3013	+ 0.0315PA

Posteriormente, se establecieron los coeficientes de correlación entre las medidas biométricas (longitud corporal, altura, perímetro torácico y abdominal) con las medidas de edad y peso (cuadro 7), donde pudieron apreciarse grados de asociación lineal moderados a altos, principalmente con la variable de peso.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación (r de Pearson) entre las medidas biométricas con edad y peso		
Medidas biométricas	Edad	Peso
Longitud Corporal	0.7156	0.9446
Altura	0.5801	0.8387
Perímetro Torácico	0.6540	0.9041
Perímetro Abdominal	0.7448	0.9086

Finalmente, se determinaron los coeficientes de correlación entre las medidas de desarrollo intestinal (diámetro y longitud de las porciones intestinales) con las variables de edad, peso y medidas biométricas (cuadro 8), en donde se pudo apreciar grados de asociación lineal fuertes, con algunas excepciones (p. ejm. diámetro del duodeno vs perímetro torácico: 0.351)

Cuadro 8. Coeficientes de correlación (r de Pearson) entre las medidas biométricas, edad y peso con las variables de desarrollo intestinal						
Medidas de desarrollo intestinal	Edad	Peso	Medidas biométricas			
			LC	H	PT	PA
DL	0.5424	0.4832	0.3916	0.4568	0.5934	0.5573
YL	0.6515	0.6805	0.6119	0.6420	0.7140	0.6262
IL	0.8357	0.6704	0.6827	0.6075	0.6442	0.7322
CiL	0.5347	0.4555	0.4581	0.3639	0.4497	0.4130
CAL	0.7413	0.6825	0.6702	0.6160	0.6871	0.7155
CTL	0.6193	0.6422	0.5868	0.5752	0.6831	0.6350
CDL	0.7034	0.5545	0.6138	0.4328	0.4589	0.6192
RL	0.5438	0.4291	0.3768	0.5016	0.4154	0.3706
DD	0.5844	0.5418	0.5514	0.3782	0.3508	0.5026
YD	0.6525	0.5102	0.5100	0.4071	0.3789	0.5568
ID	0.7361	0.6727	0.6725	0.5728	0.6841	0.6438
CiD	0.5484	0.4746	0.5198	0.3363	0.4915	0.4150

CAD	0.7258	0.5860	0.5732	0.4540	0.5613	0.5724
CTD	0.5583	0.5222	0.4956	0.3768	0.4697	0.4937
CDD	0.6035	0.6673	0.6764	0.5203	0.6509	0.6141
RD	0.5897	0.5302	0.5829	0.4461	0.4361	0.5345
LC: Longitud corporal, H: Altura, PT: Perímetro torácico, PA: Perímetro abdominal, DL: Longitud del duodeno, YL: Longitud del yeyuno, IL: Longitud del íleon, CiL: Longitud del ciego, CAL: Longitud del colon ascendente, CTL: Longitud del colon transversal, CDL: Longitud del colon descendente, RL: Longitud del recto, DD: Diámetro del duodeno, YD: Diámetro del yeyuno, ID: Diámetro del íleon, CiD: Diámetro del ciego, CAD: Diámetro del colon ascendente, CTD: Diámetro del colon transversal, CDD: Diámetro del colon transversal, RD: Diámetro del Recto						

V. DISCUSIÓN

Mediante la representación gráfica del modelo lineal (ver Anexos) se pudo apreciar la relación lineal entre las diversas variables independientes (edad, peso vivo y perímetro abdominal) con las variables dependientes (medidas de desarrollo intestinal) con mayor intensidad en algunas; por ejemplo, el colon ascendente con las diversas variables independientes, posiblemente por ser una de las primeras porciones intestinales en desarrollarse fisiológicamente. A su vez, como se menciona en el apartado Resultados, se realizó el análisis de varianza, por el cual se determinó que las variables muestreadas tienen significancia estadística ($p < 0,01$) al utilizarse el modelo lineal de la regresión.

En los análisis de estimación puede apreciarse que el yeyuno es la porción intestinal con mayor desarrollo longitudinal, tanto si es determinado por aumento de edad (días) o peso vivo (Kg.), 5.85 y 26.25 cm., respectivamente. Seguido por el desarrollo del colon ascendente 3,07 y 12,13 cm., tomándose de igual forma como variables independientes la edad y el peso, respectivamente (cuadros 1 y 3). Cuando se tiene como variable independiente al perímetro abdominal, el aumento en las diversas medidas intestinales por unidad (cm.) de esta medida biométrica es mayor que en el caso de tomar como variable independiente a la edad. Para el caso de yeyuno y colon ascendente los valores son 9.83 y 5.18 cm., respectivamente (cuadro 5). A partir de estos valores es posible estimar la magnitud intestinal dentro de los primeros 45 días de vida, así como poder estimar la longitud de un órgano

interno a partir de una medida biométrica externa, en este caso el perímetro abdominal.

Se puede apreciar que las variables biométricas: perímetro torácico (PT), perímetro abdominal (PA), longitud corporal (LC), altura (H); así como las medidas intestinales: longitud de duodeno (DL), longitud de yeyuno (YL), longitud de íleon (IL), longitud del ciego (CiL), longitud del colon ascendente (CAL), longitud del colon transverso (CTL), longitud del colon descendente (CDL), longitud del recto (RL), diámetro del duodeno (DD), diámetro del yeyuno (YD), diámetro del íleon (ID), diámetro del ciego (CiD), diámetro del colon ascendente (CAD), diámetro del colon transverso (CTD), diámetro del colon descendente (CDD), diámetro del recto (RD), aumentan conforme la edad incrementa (Anexo 1); sin embargo existen variables como CiL, CTL y RL, poseen rangos muy estrechos (5.5-20 cm., 3.5-11 cm., 7.5-19 cm., respectivamente) por lo que no presentarían una variación marcada en su morfometría hasta los 45 días de edad.

En la determinación de los coeficientes de correlación entre las medidas biométricas: LC, H, PT, PA de la alpaca cría y la variable de peso, se puede apreciar una correlación muy alta, 0.94, 0.84, 0.90, 0.91, respectivamente (cuadro 7). Estudios previos han determinado valores similares en llamas crías con respecto a la correlación entre PT y peso: 0.83 y 0.89 en crías de 1 y hasta 3 meses, respectivamente (Llacsá *et al.*, 2007, Leyva y Falcón, 2007). Estudios realizados en llamas adultas y crías determinan al PT como un factor altamente determinante del peso vivo del animal, y por lo tanto puede ser utilizado como criterio de selección.

Con respecto a los coeficientes de correlación entre las medidas biométricas y la variable de edad estos presentan una variación entre moderada y alta. De la misma forma la relación entre PT y edad en el presente estudio (0.65) es similar a la descrita por Leyva y Falcón (2007) en llamas crías de hasta 3 meses de edad (0.69).

No se han encontrado reportes previos de coeficientes de correlación entre el resto de medidas biométricas y las variables de edad o peso en animales crías. Quispe *et al.* (1997) en un estudio con alpacas de hasta 2 años de edad obtuvo los siguientes coeficientes de correlación para con el peso: PT (0.92), PA (0.76), LC (0.87), Altura a la cruz (0.75), datos que muestran relaciones moderadas a altas y en donde se puede apreciar que en animales más desarrollados la relación entre peso vivo y PT se mantiene siendo alta, a diferencia de las demás variables biométricas que tienden a descender.

Los coeficientes de correlación entre las variables de desarrollo intestinal y las variables biométricas, edad y peso son muy variados como se puede apreciar en el cuadro 8, teniéndose un rango amplio desde 0.336 (diámetro del ciego vs altura) hasta 0.836 (longitud del íleon vs edad).

En relación a las diversas longitudes de las porciones intestinales y su correlación con edad se pudo apreciar que el íleon, colon ascendente y colon descendente son las que presentan un mayor índice de correlación siendo: 0.836, 0.741, 0.703, respectivamente. Esto posiblemente es debido a que como se mencionó son estas porciones intestinales las que fisiológicamente se desarrollan primero (Esquerre *et al.*, 1979), por lo que el crecimiento longitudinal de estas es progresivamente positivo con respecto a la edad.

De acuerdo a su correlación con la variable peso, aparte del colon ascendente (0.683) es el yeyuno el que muestra un índice de correlación moderado alto (0.680), lo que puede significar que una porción yeyunal de mayor desarrollo permitiría una mayor absorción de nutrientes y por ende un mayor peso vivo del individuo. Esto sin embargo, debe ser verificado con un estudio histológico del yeyuno, puesto que la longitud intestinal es un solo factor con respecto al área de absorción intestinal, siendo importantes también las dimensiones de las criptas y vellosidades (altura y diámetro) (Weaver *et al.*, 1991).

A su vez al denotar la relación entre las medidas de diámetro intestinal y la variable edad, nuevamente las porciones intestinales del íleon y colon ascendente son las que presentan mayores índices, 0.736 y 0.726, respectivamente. Lo cual es congruente con lo observado en sus medidas de longitud. Por el contrario, la porción intestinal que muestra mayor índice de correlación con respecto al peso es el íleon (0.673), teniendo en este caso el yeyuno un índice de correlación de intensidad moderada (0.510), conllevando a suponer que el peso no es afectado por el diámetro de éste.

Por otro lado, las medidas longitudinales del íleon y colon ascendente son las que presentaron el mayor coeficiente de correlación con LC, sin embargo, este fue tan intenso como en los anteriores (0.683 y 0.670, respectivamente). Con respecto a las medidas de diámetro intestinal, nuevamente el íleon presenta una correlación moderada alta (0.673). Sin embargo, es el colon descendente el que muestra el mayor coeficiente de correlación (0.676), además de un coeficiente de correlación moderado alto en cuanto a su longitud (0.614), lo cual podría sustentarse en que esta es la única porción intestinal que tiene una localización fija en paralelo con la línea media longitud del individuo.

Los coeficientes de correlación de las medidas longitudinales del intestino con respecto al PT son ligeramente más elevadas con respecto a las anteriores medidas biométricas. Dentro de estas medidas la correspondiente al yeyuno posee el mayor índice (0.714) lo cual puede ser debido a que a su vez el PT esta altamente relacionado con el peso corporal, relación que ya ha sido expuesta. Le siguen consecuentemente los coeficientes correspondientes al colon ascendente y colon transversal (0.687 y 0.683, respectivamente). Con respecto a las medidas de diámetro intestinal, solo la correspondiente a la del íleon sobresale con una intensidad moderada alta (0.684).

Dentro de las relaciones entre las medidas longitudinales del intestino y el PA, se aprecian los coeficientes mayores correspondientes a íleon (0.7322) y colon ascendente (0.716). A pesar de su intensidad alta, es muy posible que el

PA esté principalmente relacionado al volumen de los compartimientos, como en bovinos que se aprecia un incremento del 30 al 70% del rumen a partir del destete (Warner *et al.*, 1956). En la mayoría de los individuos se pudo apreciar que el C1 ocupaba gran parte de la mitad izquierda del abdomen, teniendo los otros compartimientos una presencia considerable en el lado derecho, de forma semejante a los bovinos (Radostits, 2002). En terneros neonatos se considera que es a partir de la 10-12 semanas de vida que el rumen alcanza el doble del tamaño al del abomaso (Radostits, 2002), sin embargo, en los individuos evaluados esta proporción con respecto a sus estructuras análogas se apreció a edades más tempranas, estos datos se encuentran siendo evaluados en un trabajo en curso.

Como se puede apreciar la totalidad de los coeficientes de correlación tiene una intensidad como mucho, moderada alta, a pesar del aumento notoriamente visible en las medidas intestinales. Esto puede ser debido a que uno de los factores de crecimiento y diferenciación de tejidos, entre ellos el tracto intestinal, como es el factor de crecimiento de tipo insulina I (IGF-I) tiene pocos efectos sistémicos, como es demostrado en terneros de 1 a 8 días de edad (Baumbucker *et al.*, 1994). Sin embargo, sí están presentes los efectos en el tracto intestinal, tales como crecimiento de la mucosa intestinal y síntesis de ADN (Steeb *et al.*, 1995). Estudios realizados en terneros crías comparando un grupo control con individuos que fueron alimentados con un extracto de calostro demostraron que el peso vivo en ambos grupos fue similar, sin embargo el desarrollo intestinal (circunferencia y altura de vellosidades y proliferación de células de las criptas) fue mucho mayor en el grupo experimental (Roffler *et al.*, 2003). Estos efectos son mediados por receptores de IGF-I y de insulina que son sintetizados y se hallan en el intestino delgado y colon en terneros de 1 a 8 días de edad (Baumbucker *et al.*, 1994), también han sido encontrados en células de la lámina propia intestinal, de las criptas y vellosidades en camélidos del viejo mundo (Al Haj Ali *et al.*, 2003).

El crecimiento intestinal se da de forma lineal acelerada durante el periodo pre y postnatal inmediato (Weaver *et al.* 1991). En el presente estudio

la longitud total del intestino casi duplicó su dimensión dentro de los primeros 45 días de vida. En las diversas especies este patrón de crecimiento es el mismo para después disminuir conforme el tracto intestinal va adquiriendo características morfológicas y fisiológicas propias de un animal adulto y desarrollado. Estudios realizados en primates notan una mayor aceleración en la etapa prenatal con una marcada desaceleración después del parto, notándose que el desarrollo gastrointestinal y diferenciación celular ocurren principalmente en el útero durante la primera mitad de la preñez (Weaver *et al.* 1991). Estudios en alpacas demuestran un crecimiento exponencial a partir del sétimo mes de gestación, lográndose un 70% del peso de la cría en este periodo (Bravo *et al.*, 1981), no se tienen reportes con respecto al desarrollo morfosiológico del tracto intestinal.

En el presente estudio se pudo apreciar coeficientes de correlación moderados a altos entre las variables edad y peso, así como las variables biométricas, con las medidas longitudinales de yeyuno y colon ascendente (principales porciones intestinales en desarrollarse), a diferencia de si son comparadas con las medidas de diámetro de dichas porciones que llegan como mucho a moderadas altas (cuadro 8). Esto refuerza la importancia de la longitud total macroscópica de las porciones intestinales dentro de la determinación del área total de absorción, importante en etapa neonatal, a diferencia de las medidas diametrales intestinales que parecen no influenciar mucho en el desarrollo intestinal.

La proporción del crecimiento intestinal con respecto al peso vivo del individuo varía entre las diversas especies. En lechones el desarrollo del tracto intestinal (peso, longitud y área de superficie) se da de forma proporcional a incremento del peso vivo dentro de las primeras 9 semanas de vida, teniendo un mayor índice entre la 3ª y 5ª semanas (Adeola y King, 2006). En contraste, el desarrollo intestinal en conejos es más lento con respecto al peso (Buddington y Diamond, 1990), en la rata es desproporcionalmente más rápido (Tolza y Diamond, 1992) y en los gatos el intestino no sufre mayor desarrollo en los primeros días de vida (Buddington y Diamond, 1990). Sin embargo, en

ninguno de estos estudios se determinó el índice de correlación entre ambos parámetros. Los resultados del presente estudio conservan relación con respecto a los rumiantes.

Una adecuada área de superficie de absorción provee una adecuada absorción de nutrientes y fluidos, lo cual es esencial durante enfermedades gastrointestinales. Mortalidad neonatal por enfermedades entéricas ocurre a niveles altos (Odle *et al.* 1996). En condiciones patológicas el intestino primero asegura una más que adecuada superficie de absorción y en segundo lugar una proliferación acelerada de la mucosa (Weaver *et al.* 1991). Por ende es primordial la presencia de una longitud intestinal por encima de lo adecuado, así como un tejido epitelial que responda versátilmente a los cambios en su ambiente.

VI. CONCLUSIONES

- La relación entre las diversas medidas biométricas, principalmente perímetro torácico, con el peso vivo de los animales presenta una intensidad moderada a alta.
- En alpacas crías hasta los 45 días de edad, existe una relación positiva alta entre las medidas perímetro torácico y edad, así como también con el peso vivo.
- Las porciones intestinales del yeyuno y colon ascendente presentan mayor desarrollo, e índices de correlación, en longitud que en diámetro externo.
- En alpacas crías, a semejanza de otras especies de mamíferos, el tracto intestinal casi duplicó su longitud total dentro de los primeros 45 días de vida, determinado principalmente por el crecimiento del yeyuno.
- El colon ascendente presenta diversos coeficientes de correlación moderados a altos, principalmente con peso vivo (0.682) y edad (0.741), lo cual respalda su desarrollo fisiológico temprano como es reportado en otros estudios.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. **Adeola O, King DE. 2006.** Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. *J Anim Sci.* 84:112-118.
2. **Agramonte MV. 1988.** Incremento de peso corporal de crías y ritmo de crecimiento de la fibra de alpaca en dos sistemas de producción. Tesis Fac. Agronomía y Zootecnia. Univ Nac San Antonio Abad del Cusco. Cusco.
3. **Al Haj Ali M, Mensah-Brown E, Chandranath SI, Adeghate E, Adem A. 2003.** Distribution of insulin like growth factor-1 (IGF-1) and its receptor in the intestines of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *Growth Factors* 21:131-137
4. **Baldwin RL; VI. 2000.** Sheep gastrointestinal development in response to different dietary treatments. *Small Ruminant Res.* 35:39-47.
5. **Baumrucker, CR, Hadsell DL y Blum JW. 1994.** Effects of dietary insulin-like growth factor I on growth and insulin-like growth factor receptors in neonatal calf intestine. *J. Anim. Sci.* 72:428-433.
6. **Berseeth CL; Lichtenberger LM; Morriss FH. 1983.** Comparison of the gastrointestinal growth-promoting effects of rat colostrums and mature milk in newborn rats in vivo. *Am J Clin Nutr* 37:52-60
7. **Bravo W, Sumar J, Varela M. 1981.** Desarrollo fetal de la alpaca. IV Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos. Chile.
8. **Buddington RK, Diamond JM. 1990.** Ontogenic development monosaccharide and amino acid transporters in rabbit intestine. *Am. J Physiol* 259:g544-555.
9. **Buddington RK, Diamond JM. 1992.** Ontogenic development of nutrient transport in cat intestine. *Am J Physiol.* 263:G605-G616
10. **Burrin DG; Shulman RJ; Reeds PJ; Davis TA; Gravitt KR. 1992.** Porcine colostrums and milk stimulate visceral organ and skeletal protein synthesis in neonatal piglets. *J Nutr* 122:1205-1213
11. **Bustinza V. 2001.** La alpaca. Conocimiento del gran potencial andino. UNA. Puno. 361 p.
12. **Bustinza V; G Medina; E Fernández. 1985.** Crecimiento de la alpaca. En: V Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos. Cuzco.
13. **Butendieck E y Vargas L. 1998.** Presencia y distribución de las papilas linguales en la alpaca (*Lama pacos* Linnaeus, 1758). *Arch. med. vet.* vol.30, n.2 p 29-36.
14. **Buts JP y DeMeyer R. 1981.** Postnatal proximodistal development of the small bowel mucosal mass in growing rats. *Biol. Neonat.* 40:62
15. **Castellanos M. 1993.** Contribución al estudio anatómico e histológico de la lengua y aparato hioideo de la alpaca. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. p 19-33.
16. **Cera KR; Mahan DC; Cross RF; Reinhart GA; Whitmoyer RE. 1988.** Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejuna morphology in young swine. *J Anim Sci* 66:574-584

17. **CONCYTEC. 2006.** Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Camélidos Sudamericanos. Lima. 64 pp.
18. **De la Vega E. 1950.** Aspectos histiológicos del aparato digestivo de la alpaca. Rev. de la Fac. Med. Vet. vol.5, n.138. p. 164-179.
19. **Ehrlein HJ y Engelhardt W von. 1971.** Investigations on stomach motility in the llama. Zentralbl Veterinaernud [A] 18:181-191.
20. **Engelhardt WV; Holler H. 1982.** Salivary and gastric physiology of camelids. Ver. Deutch. Zool. Gesellschaft. 195-204
21. **Engelhardt WV; Rubsamen K; Heller R. 1984.** The digestive physiology of camelids. En: Cockrill WR. The camelid, an all purpose animal. Uppsala: Scandinavian Institute for African Studies. p. 323-346
22. **Esquerre CJ, Navas M, Samaniego L. 1979.** Digestión microbiana en el intestino grueso de la alpaca (*Lama pacos*) En: Resúmenes de proyectos de Inv, realizados por la UNMSM periodo 1975-79. Lima Tomo II: p 23
23. **Fernández Baca S. 1991.** Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO. Santiago de Chile. p 50-67.
24. **Flórez JA. 1973.** Velocidad de pasaje de la ingesta y digestibilidad en alpacas y ovinos. Tesis de Médico Veterinario. Univ. Nac. Mayor de San Marcos. Lima.
25. **Fowler M. 1999.** Medicine and Surgery of South American Camelids. 2^a ed. EEUU: Wiley-Blackwell, p 89-107.
26. **Gall DG y Chung M. 1982.** Effect of body weight on postnatal development of the proximal small intestine of the rabbit. Biol. Neonate 42:159-165
27. **Godlewski MM; Slupecka M; Wolinski J; Skrzypek H; Motyl T; Zabielski R. 2005.** Into the unknown – the death pathways in the neonatal gut epithelium. J Physiol Pharmacol 56(3):7-24
28. **Guzmán J. 1970.** Avances sobre la anatomía de las alpacas. Anales I Convención Camélidos Sudamericanos. Puno. p 40-48
29. **Hofmann R. 1984.** Comparative anatomical studies imply adaptive variations of ruminants digestive physiology. Can. J. Anim. Sc. 64 (Supl.): 203-205
30. **INIEA. 2006.** Proyecto Camélidos. Lima. [Internet], [15 de marzo 2009]. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0021/PROYECTO%20CAMELIDOS.htm>
31. **Kadwell M; M Fernandez; HF Stanley; R Bladi; JC Wheeler; R Rosadio; MW Bruford. 2001.** Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. Proc. R. Soc. Lond. B 268: 2575-2584.
32. **Leyva V; Falcón N. 2007.** Evaluación de medidas corporales para la selección de llamas madres y crías. Rev Inv Vet Perú. 18(1):18-29
33. **Lilja C; Sperber I; Marks HL. 1985.** Postnatal growth and organ development in Japanese quaff selected for high growth rate. Growth 49:51
34. **Llacsá J; Urviola M; Leyva V. 2007.** Evaluación de indicadores biométricos en llamas (*Lama glama*) de las variedades Ch'acu y K'ara. Rev Inv Vet Perú 18(1):1-10

35. **Lyford SJ. 1988.** Growth and development of the ruminant digestive system. En: *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. (Ed) EEUU: Prentice-Hall, p 44.
36. **Montalvo CA. 1966.** Contribución al estudio de la morfología de la alpaca (*Lama pacos*). Estudio histológico e histoquímico del intestino. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. 1-55.
37. **Morisset J. 1993.** Regulation and growth and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy. Sci.* 76: 2080–2093.
38. **Moro M. 1956.** Contribución al estudio de las enfermedades de los auquénidos. *Rev. Fac. Med. Vet., UNMSM, Lima* 7-11: 5-116
39. **Nankervis CA; Reber KM; Nowicki PT. 2001.** Age-dependent changes in the postnatal intestinal microcirculation. *Microcirculation* 8:377-387
40. **Odle J; RT Zijlstra; SM Donovan. 1996.** Intestinal effects of milkborne growth factors in neonates of agricultural importance. *J Anim Sci* 74: 2509-2522.
41. **Ortiz C; Caverio J; Sillau H; Cueva S. 1974.** The parotid saliva of the alpaca *Lama pacos*. *Res Vet Sci* 16(1):54-56.
42. **Portal Agrario. 2009.** Lima: Ministerio de Agricultura [Internet], [15 marzo 2009]. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe>
43. **Quispe TL, Ibáñez V y Almonte R. 1997.** Estudio biométrico de alpacas de Raza Sury. *Rev. Alpaca* Vol 6:1. IIPC-UNA. Puno.
44. **Quispe E; Marrero F; Castrejon M. 1997.** Caracterización zoométrica y regresional en alpacas, Univ. Nac. de Huancavelica. Huancavelica, Perú. 143 p
45. **Radostits OM. 2002.** Examen y diagnóstico clínico en veterinaria. Elsevier. Madrid. 757 p.
46. **Ramírez A; D Huamán; R Ellis. 1985.** Enterotoxemia de la alpaca. Reporte Técnico N° 63. INIPA y SR-CRSP- Lima. 56 p
47. **Riek A; M Gerken. 2007.** Measurements of the bodyweight and other physical characteristics of 11 llamas (*Lama glama*) from birth to weaning. *Vet Rec.* 161: 520-523.
48. **Roffler B, Fäh, Sauter N, Hammon HM, Gallmann P, Brem G y Blum JW. 2003.** Intestinal morphology, epithelial cell proliferation, and absorptive capacity in neonatal calves fed milk-born insulin-like growth factor-I or a colostrums extract. *J Dairy Sci.* 86:1797-1806.
49. **Romero N. 1989.** Estudios biométricos y cálculos de correlación en la alpaca (*Lama pacos*). Tesis de Médico Veterinario. UNA. Puno.
50. **Roy JH. 1990.** The Calf. Vol. 1. Management of Health. 5ª ed. Londres. Butterworths. 258 p.
51. **San Martín F. 1998.** Nutrición y alimentación de camélidos sudamericanos. En: *Seminario de Reproducción y Nutrición de Camélidos Sudamericanos*. La Paz.
52. **San Martín F y Bryant FC. 1988.** Comparación de las tasas de pasaje de la fase líquida y de la fase sólida en el tracto digestivo de llama y ovino. En: *Investigaciones sobre pastos y forrajes de Texas Tech, University en el Perú*. Lubbock. pp. 84-93.
53. **Sato A; J Guzmán; Q Nuñez. 1968.** Estudio preliminar sobre las medidas de algunos órganos de la alpaca (*Lama pacos*). *Rev. Fac. Med. Vet. UNMSM. Lima* 22: 61-69

54. **Sato A; L Montoya. 1989.** Anatomía macroscópica del aparato digestivo de la alpaca (*Lama pacos*). Boletín Técnico N° 6. Lima. 20 p.
55. **Schwarz SM y Heird WC. 1994.** Effects of feeding on the small intestinal mucosa of beagle pups during the first 5 d of life. Am J Clin Nutr 60:879-886
56. **Smuts MS y Bezuidenhout AJ. 1987.** Anatomy of the dromedary. Oxford. Clarendon. 244 p.
57. **Soto QA. 1982.** Descripción macroscópica y microscópica del esófago de alpaca (*Lama pacos*). Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno: Univ. Nac. Tec. Del Altiplano.
58. **Steeb, CB, TrahairF JF y Read LC. 1995.** Administration of insulin-like growth factor-I (IGF-I) peptides for three days stimulates proliferation of the small intestinal epithelium in rats. Gut 37:630–638.
59. **Thivend P; R Toullec; P Guilloteau. 1980.** Digestive physiology and metabolism in ruminants. Connecticut: AVI Publishing Co. 561 p.
60. **Tolza EM, Diamond M. 1992.** Ontogenetic development of nutrient transport in rat intestine. Am J Physiol 263:G593–G604
61. **Vallenas A. 1965.** Some physiological aspects of digestion in the alpaca. En: Dougherty RW. Physiology of digestion in the ruminant. Butterworth. Washington DC. p. 147-158.
62. **Vallenas PA, Cummings JF y Munnell JF. 1971.** A cross study of the compartmentalized stomach of two new world camelids, the llama and guanaco. J. of Morph. 134(4): 399-424.
63. **Vallenas A y Stevens CE. 1971.** Volatile fatty acid Concentrations and pH of llama and guanaco forestomach digesta. Cornell Vet. 61: 239-252.
64. **Vallenas A; Llerena L; Valenzuela A; Chauca D; Esquerrey J; Candela E. 1973.** Concentración de ácidos grasos volátiles a lo largo del tracto gastrointestinal de alpacas y llamas. Rev. Inv. Pec. 2(1):3-14.
65. **Warner RG, Flatt WP y Loosli JK. 1956.** Dietary factors influencing the developmente of the ruminant stomach. Agric. Food. Chem. 4:788-801.
66. **Weaver LT; Austin S; Cole TJ. 1991.** Small intestinal length: a factor essential for gut adaptation. Gut 32:1321-1323
67. **Wheeler, JC. 1982.** Aging llamas and alpacas by their teeth. Llama world 1:12-17.
68. **Widdowson E. 1984.** Milk and the newborn animal. Proc Nutr Soc 43:87
69. **Widdowson EM; Colombo VE; Artavanos CA. 1976.** Changes in the organs of pigs in response to feeding for the first 24 h after birth. II. The digestive tract. Biol. Neonate 28:272
70. **Zabielski R; MM Godlewski; P Guilloteau. 2008.** Control of development of gastrointestinal system in neonates. J Physiol Pharmacol. 59(1): 35-54.
71. **Zea O, Leyva V, García W, Falcón N. 2007.** Evaluación de las medidas de grupa y muslo de la cría y ubre de la madre como indicadores fenotípicos en la selección temprana de llamas (*Lama glama*) para carne. Rev Inv Vet Peru. 18(1):40-50

VIII. ANEXOS

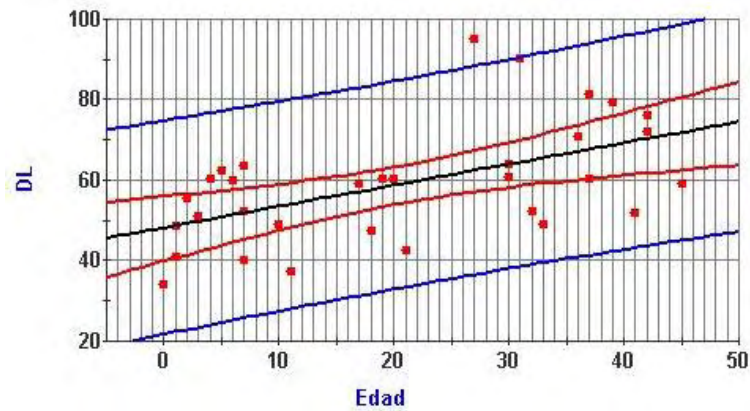
Anexo 1. Valores registrados de las variables edad (días), peso (Kg.), variables biométricas y variables de desarrollo intestinal (cm.), ordenadas cronológicamente

Edad	Peso	Variables Biométricas				Variables de desarrollo intestinal															
		LC	H	PT	PA	D		Y		I		Ci		CA		CT		CD		R	
						L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D
0	5.5	38	59	41	28	34	0.573	590.5	0.509	8.5	0.414	5.5	0.955	192	0.414	5	0.477	32.5	0.637	10	0.859
1	6	38.5	60	40	34	41	0.414	570.5	0.477	4.5	0.414	7.5	1.178	178.5	0.477	3.5	0.382	44	0.732	9	1.178
1	6.5	42	58	44	34.5	48.5	0.541	717	0.477	9.5	0.573	16	2.005	168	0.541	6.5	0.573	35	0.796	10	1.719
2	5.5	35	55	39.5	35.5	55.5	0.668	621	0.732	6	0.637	8	2.069	239	0.859	7.5	0.955	26	0.637	12	2.069
3	7.5	41	63	48.5	39	51	0.573	731.5	0.446	6.5	0.446	9	0.796	233.5	0.414	6	0.446	32	0.764	9	1.337
4	6	38	59.5	44	37.5	60.5	0.541	652.5	0.605	6.5	0.573	9.5	1.556	247	0.446	6	0.382	20	0.573	9	0.955
5	10	46	61.5	49	46.5	62.5	0.605	657.5	0.509	9	0.732	6.5	1.496	208.5	0.509	9	0.764	42	0.796	11	1.556
6	7.5	40	62.5	43.5	37	60	0.668	650.5	0.7	8	0.573	11	0.891	182	0.573	8.5	0.605	41	0.637	13.5	0.987
7	9	44	61	49	48	52.3	0.541	470.5	0.7	13	0.509	6	1.05	203	0.477	6.5	0.541	22.5	0.7	11	0.828
7	8	43	60	45	39	40	0.605	642	0.7	8	0.446	7.5	1.369	215	0.668	5.5	0.573	34	0.668	10	1.846
7	6.5	42	58	46	42	63.5	0.477	649.5	0.668	8	0.477	8.5	1.528	204	0.605	8	0.414	38.5	0.7	13	1.751
10	9.5	46	62	50	42.5	49	0.764	756	0.637	9	0.477	9	1.305	185.5	0.605	9	0.7	29	0.859	14	1.369
11	13	56	66	47	55	37.5	0.7	588	0.668	9	0.446	8	1.146	177	0.414	5.5	0.509	43	0.637	7.5	1.432
17	9.5	48	63	50	42	59	0.477	627	0.7	11	0.541	9.5	0.987	184	0.541	7.5	0.446	33	0.541	10	1.655
18	7	43	62.5	34	43	47.5	0.955	554	0.987	15	0.637	9	1.556	249	0.7	6.5	0.605	52	0.7	14.5	2.324
19	9	44	67	49.5	48	60.5	0.573	751.5	0.637	19.5	0.541	10.5	1.496	194.5	0.605	6	0.605	47.5	0.637	9	1.783
20	11	55	59	53	41	60.6	0.637	740.2	0.668	15.2	0.764	13	2.865	242	0.7	7.5	0.668	48.5	0.796	14	2.005

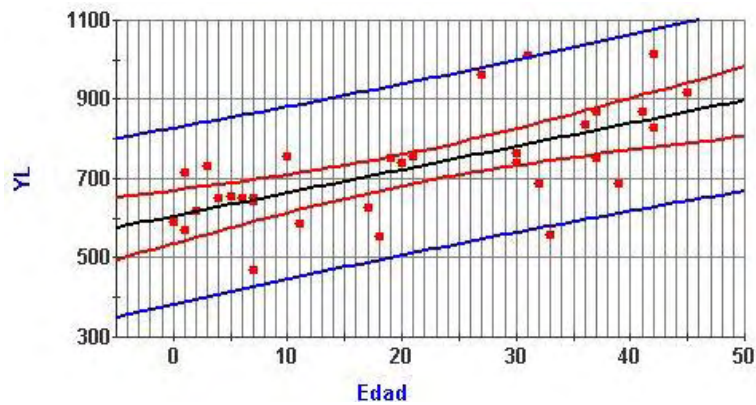
21	8.5	44	62.5	46	43	42.5	0.573	755.5	0.509	13	0.414	7	0.987	196	0.605	6	0.7	32	0.732	14	2.069
27	14	53	69.5	60	58	95	0.637	964	0.732	13	0.923	11	2.196	324.5	0.796	10	0.668	58.5	0.955	15	1.592
30	13	52	76.5	58	48	64	0.637	765	0.764	16.5	0.828	10	2.069	328	0.764	11	0.732	40.5	0.828	19	2.387
30	7.5	45	62	46	40	61	0.764	742	0.796	12	0.7	8	2.451	201	0.764	6.5	0.764	32	0.828	13	1.05
31	15.5	60	74.5	62	60	90.5	0.828	1009.5	1.082	30	0.859	14	2.133	340	0.859	10	0.796	59.4	0.828	15	2.419
32	12.5	56	62	56	52.5	52.5	0.955	687	0.859	18.5	0.764	11	1.556	335	0.923	7	0.891	58.5	1.019	8.4	2.674
33	8.5	47	60	50	44	49	0.764	557	0.764	16	1.082	10	2.165	264	0.668	9	0.637	58	0.764	12.5	1.592
36	6	41.5	56	42	44.5	71	0.605	837	0.859	18	0.541	11	1.496	247.5	0.605	6.5	0.668	56	0.668	12	1.464
37	10	47	65	51	47.5	81.5	0.796	868.5	0.891	20	0.859	11	1.432	293	0.764	8.4	0.764	57	0.764	13	2.069
37	12	51	62.5	51	52	60.5	0.859	752	0.923	18.5	0.637	9	1.528	319	0.7	11	0.63	58	0.859	15	2.069
39	11	46	63	50	48	79.5	0.541	688	0.637	25	0.668	19	2.037	258	0.732	9.5	0.573	50	0.764	13.5	2.069
41	14	56	68.5	53	52.5	52	0.859	870	0.764	14.5	0.891	11.5	1.783	336.5	0.796	9	0.732	77	0.955	14	2.387
42	16	59	72	62	63	72	0.637	831	0.668	21	0.891	11	2.005	408	0.828	11	0.668	79	0.859	14	2.133
42	18	57	71	62	57.5	76	1.019	1016	1.1019	19	0.891	12	2.196	259.5	0.828	8	0.859	43.5	0.891	14	1.687
45	16	60	72.5	60	61	59	0.828	920	0.828	27	1.178	20	3.151	314	0.828	10	1.082	43	1.305	14	2.483

LC: Longitud corporal, H: altura, PT: perímetro torácico, PA: perímetro abdominal, D: duodeno, Y: yeyuno, I: íleon, Ci: ciego, CA: colon ascendente, CT: colon transversal, CD: colon descendente, R: recto, L: longitud, D: diámetro.

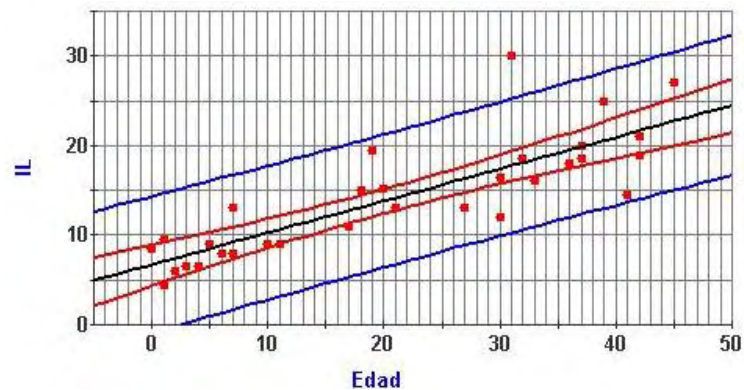
Anexo 2. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del duodeno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



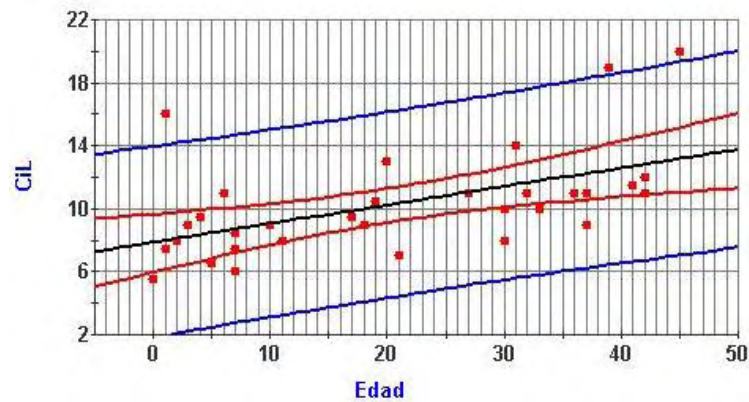
Anexo 3. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del yeyuno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



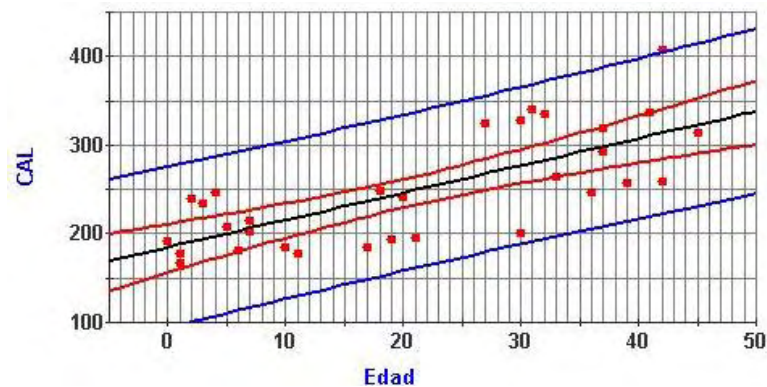
Anexo 4. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del íleon (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



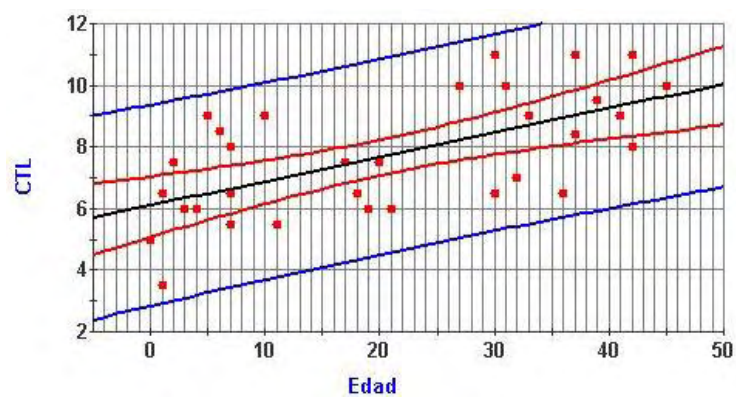
Anexo 5. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del ciego (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



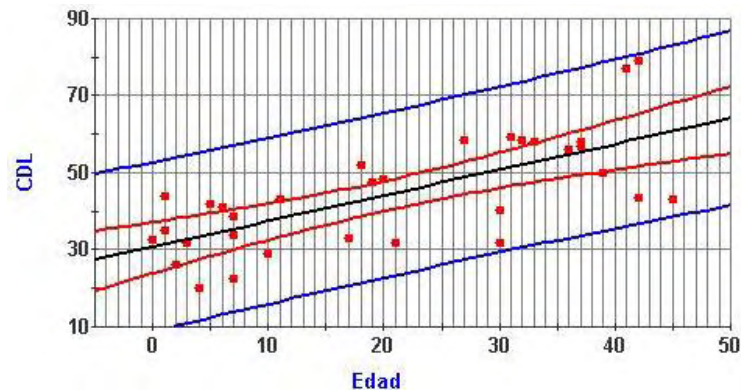
Anexo 6. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del colon ascendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



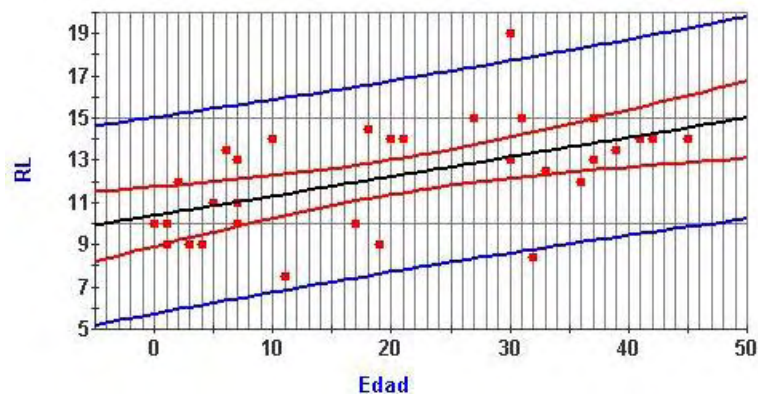
Anexo 7. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del colon transverso (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



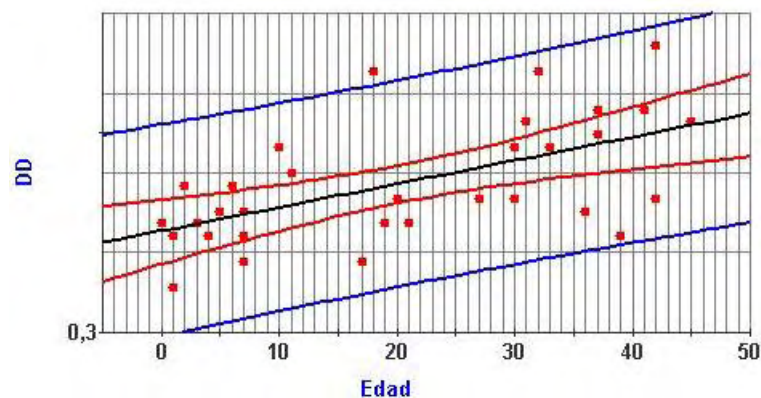
Anexo 8. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del colon descendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



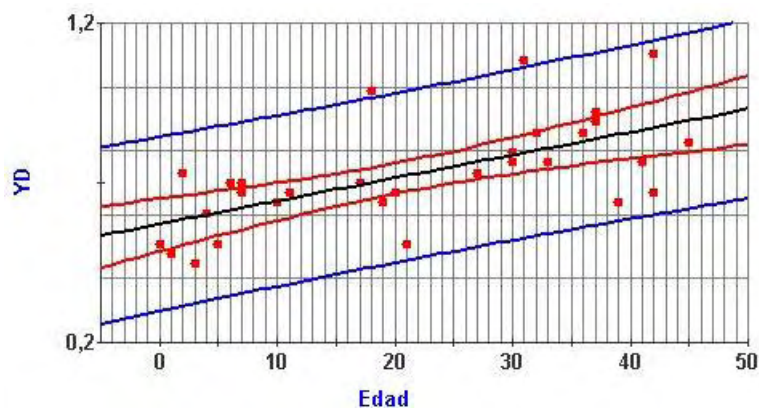
Anexo 9. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y longitud del recto (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



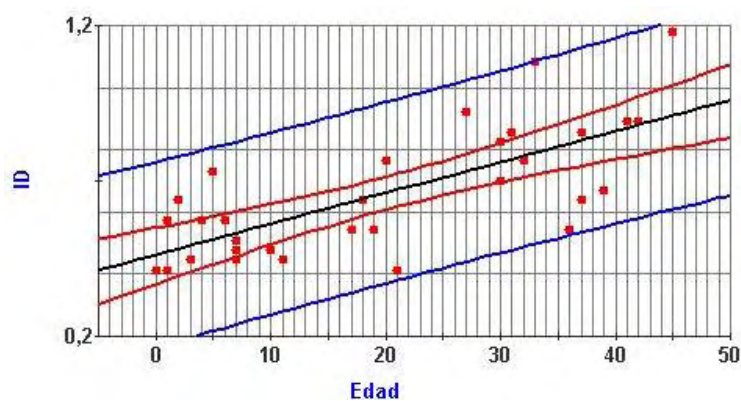
Anexo 10. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del duodeno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



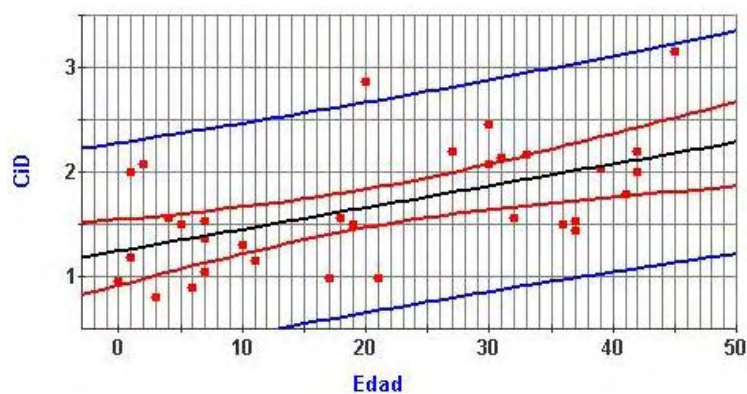
Anexo 11. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del yeyuno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



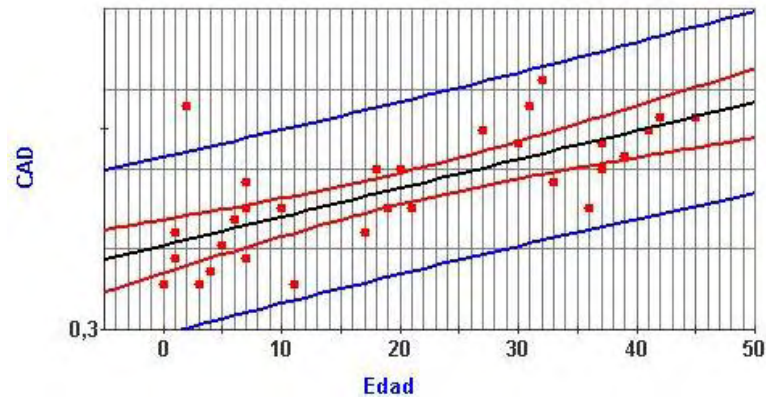
Anexo 12. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del íleon (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



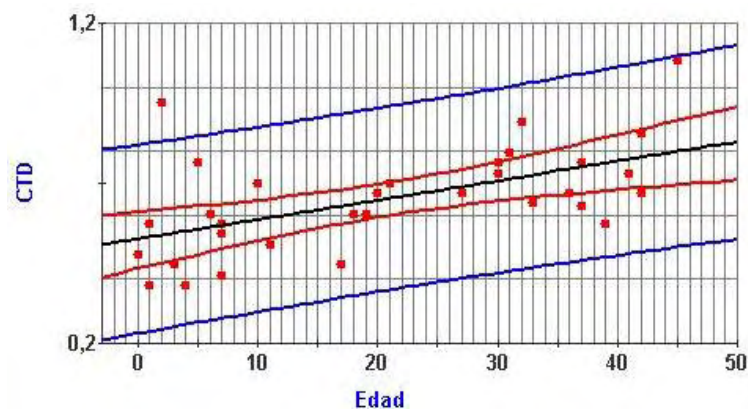
Anexo 13. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del ciego (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



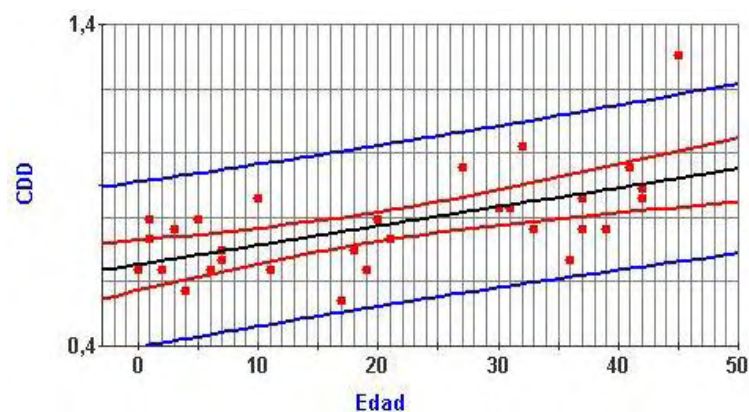
Anexo 14. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del colon ascendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



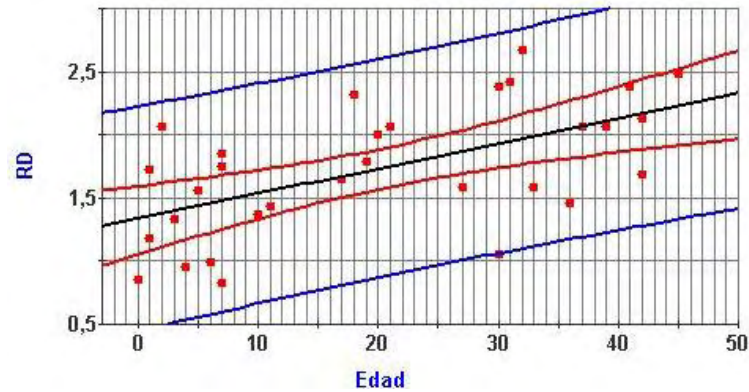
Anexo 15. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del colon transverso (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



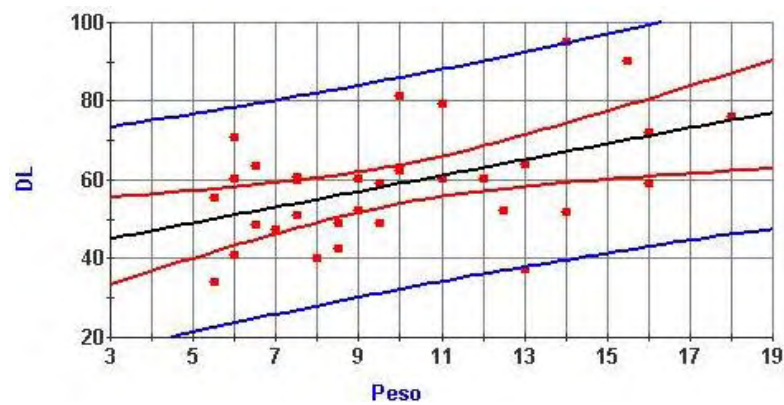
Anexo 16. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del colon descendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



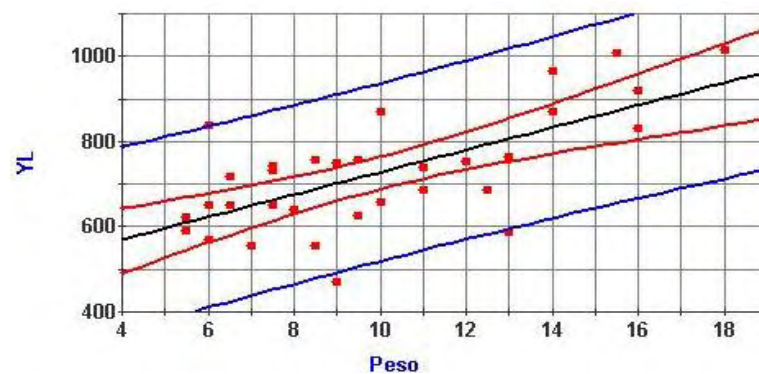
Anexo 17. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables edad (independiente) y diámetro del recto (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



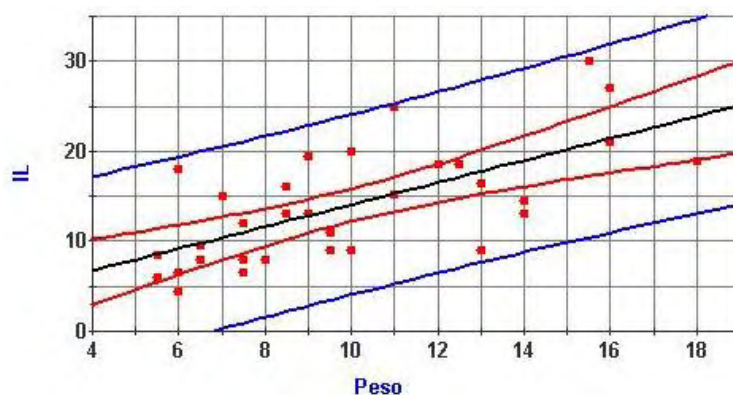
Anexo 18. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del duodeno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



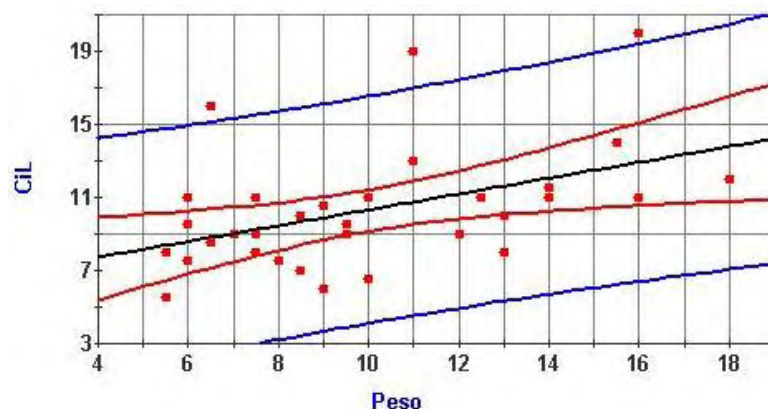
Anexo 19. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) and longitud del yeyuno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



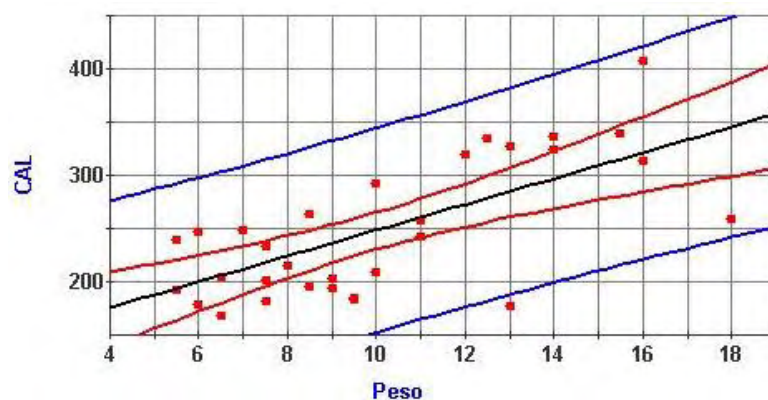
Anexo 20. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del íleon (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



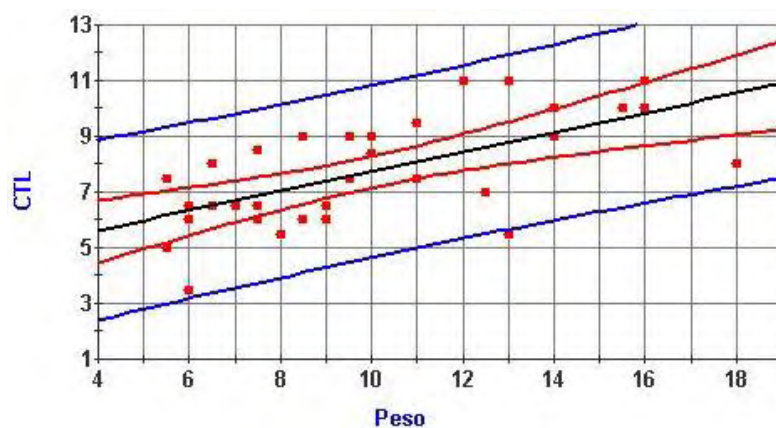
Anexo 21. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del ciego (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



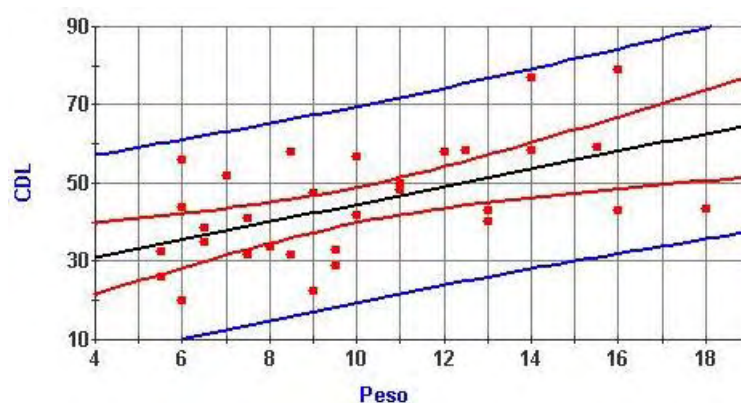
Anexo 22. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del colon ascendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



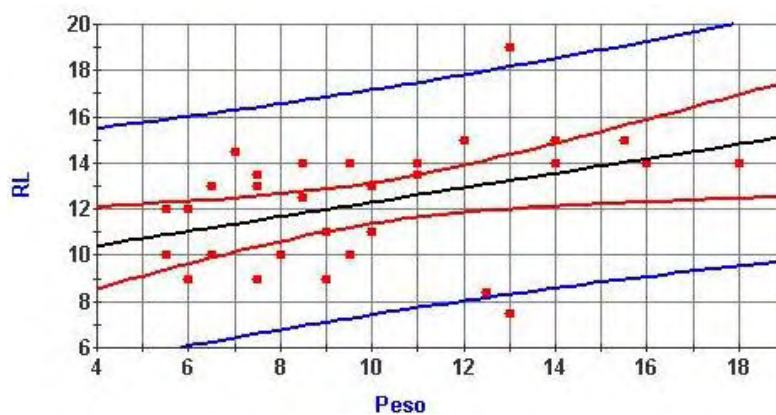
Anexo 23. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del colon transverso (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



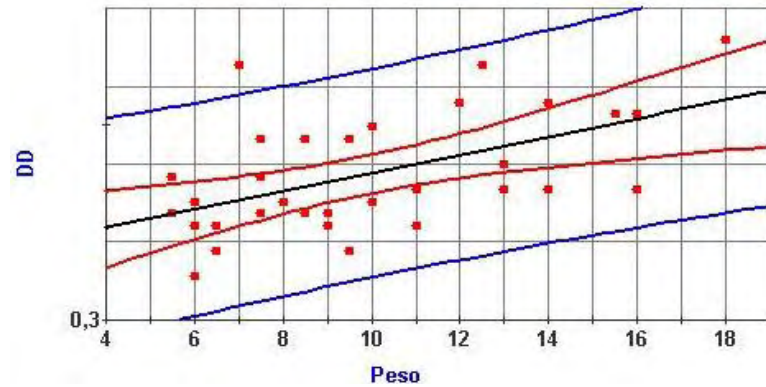
Anexo 24. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del colon descendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



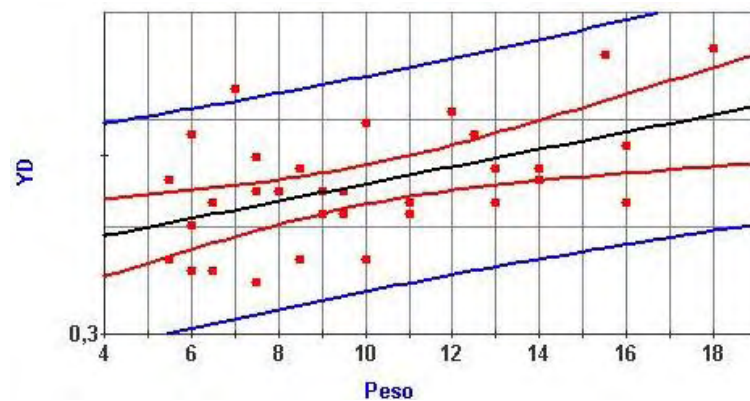
Anexo 25. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y longitud del recto (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



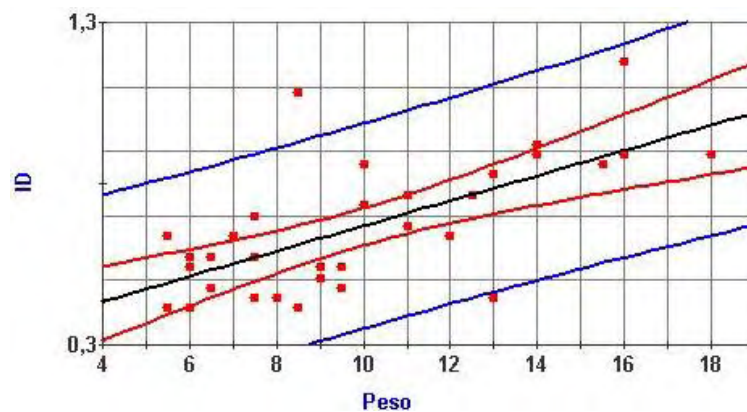
Anexo 26. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del duodeno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



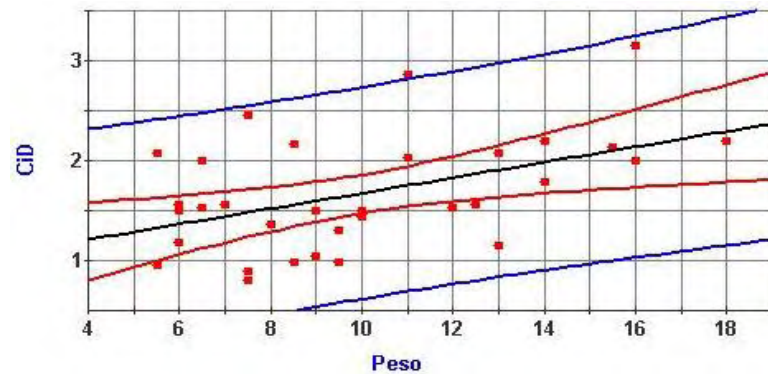
Anexo 27. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del yeyuno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



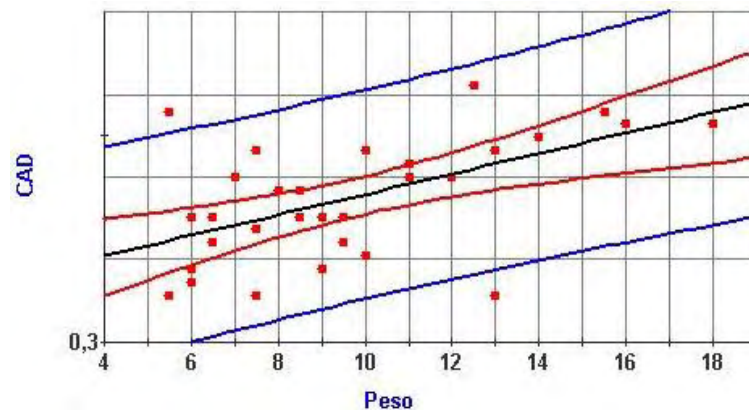
Anexo 28. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del íleon (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



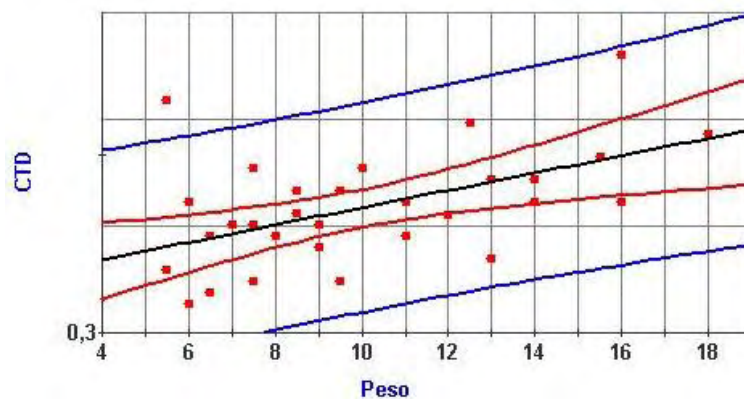
Anexo 29. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del ciego (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



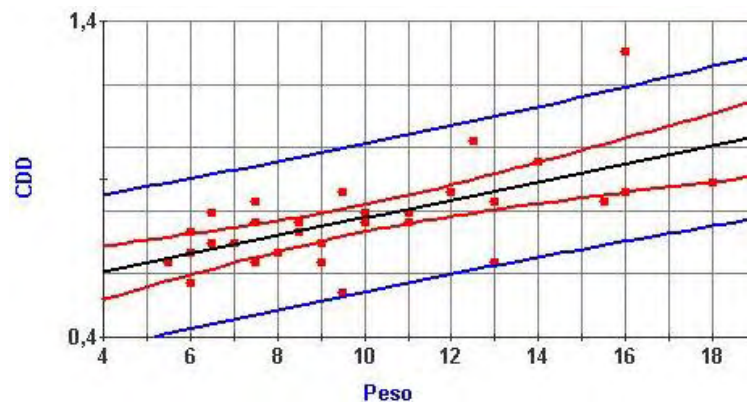
Anexo 30. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del colon ascendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



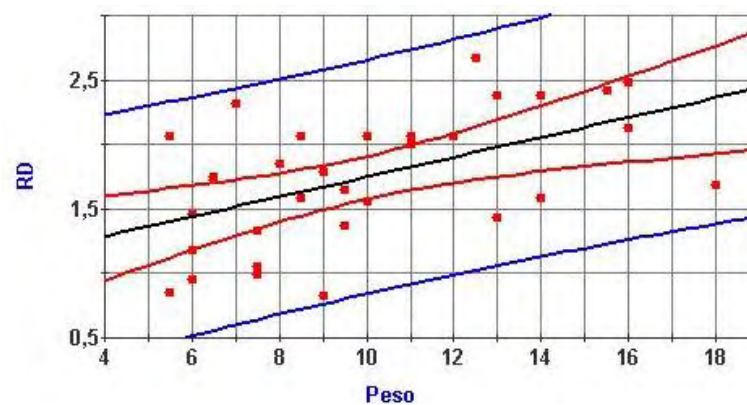
Anexo 31. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del colon transverso (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



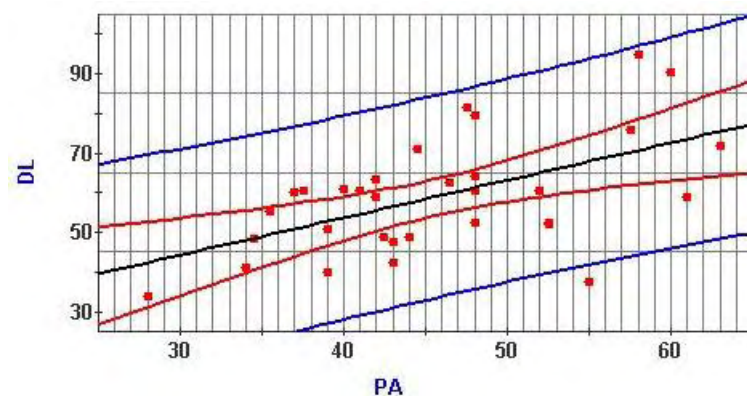
Anexo 32. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del colon descendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



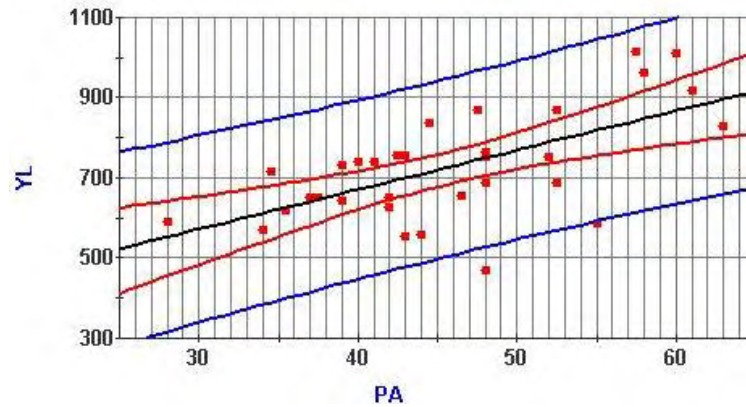
Anexo 33. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables peso (independiente) y diámetro del recto (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



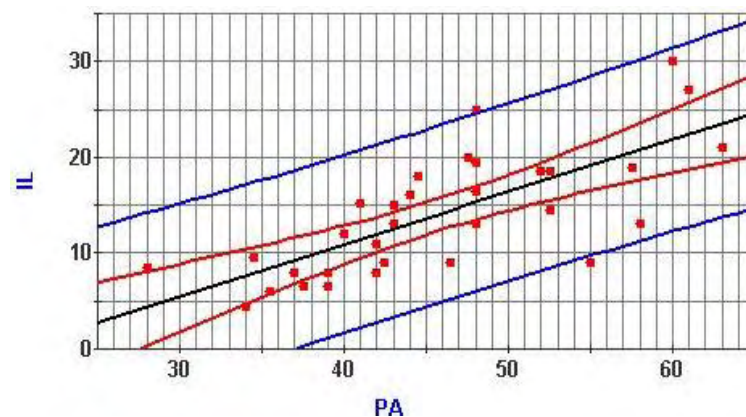
Anexo 34. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del duodeno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



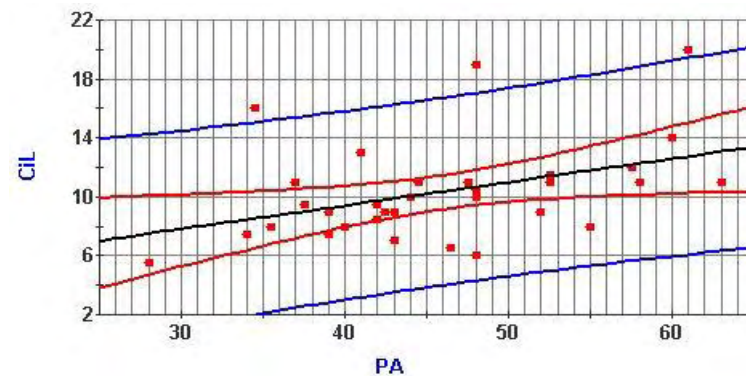
Anexo 35. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del yeyuno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



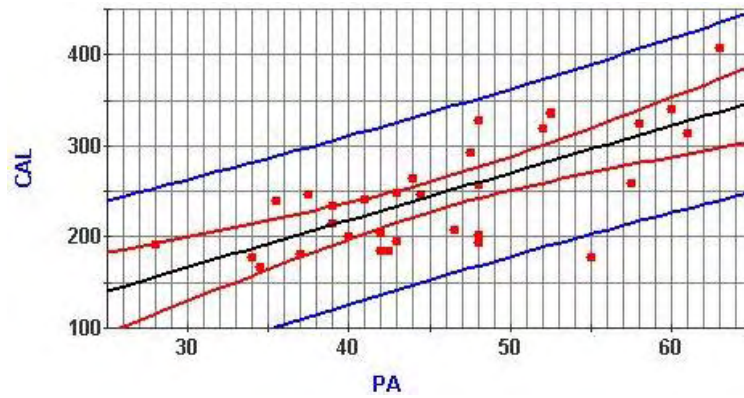
Anexo 36. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del íleon (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



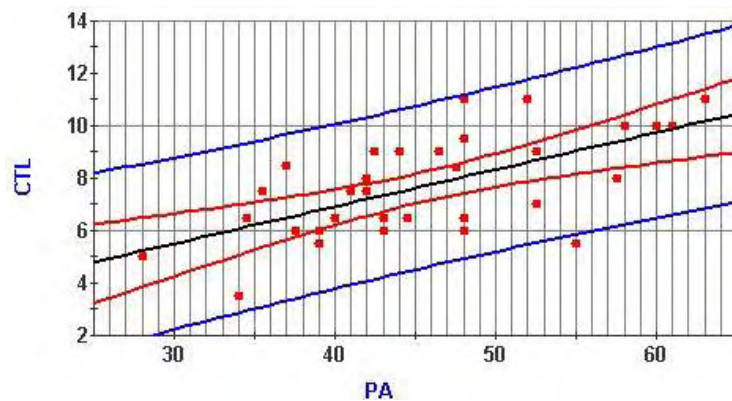
Anexo 37. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del ciego (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



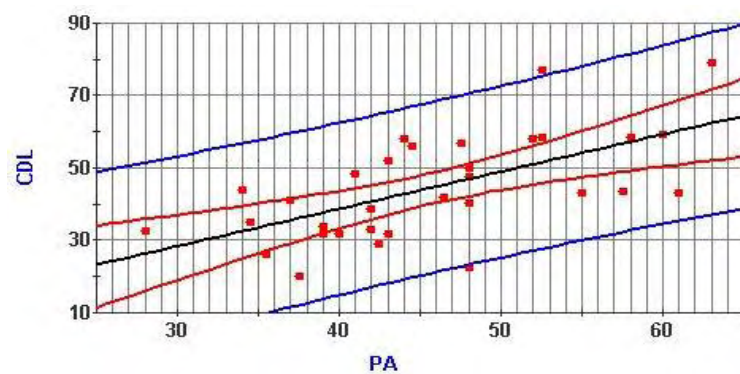
Anexo 38. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del colon ascendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



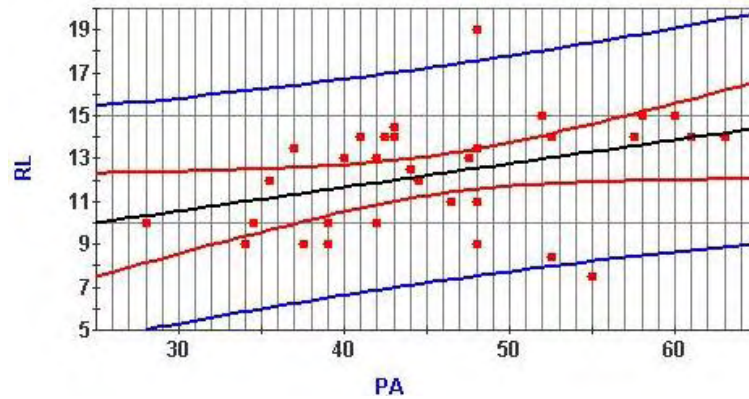
Anexo 39. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del colon transverso (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



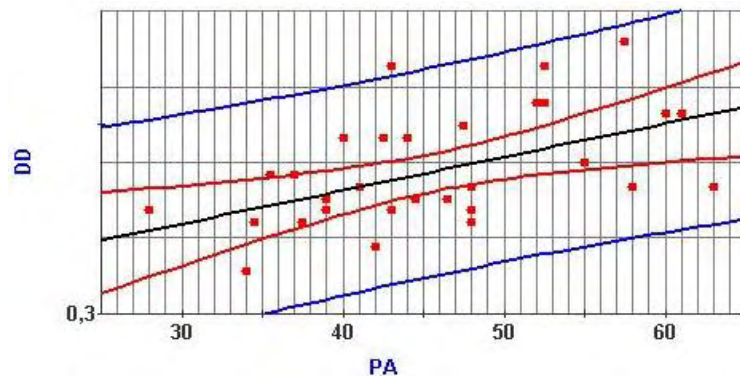
Anexo 40. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del colon descendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



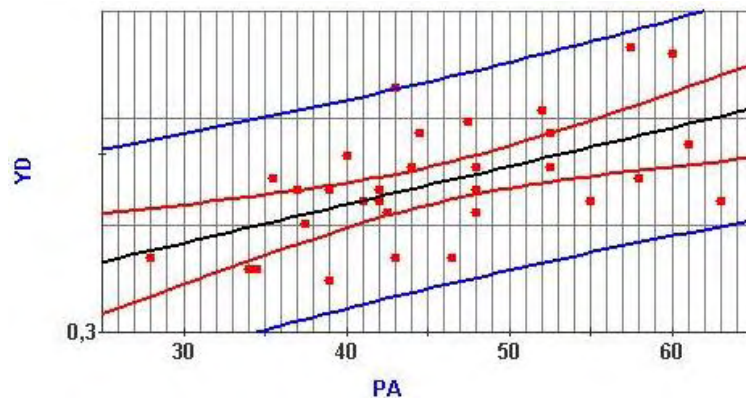
Anexo 41. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y longitud del recto (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



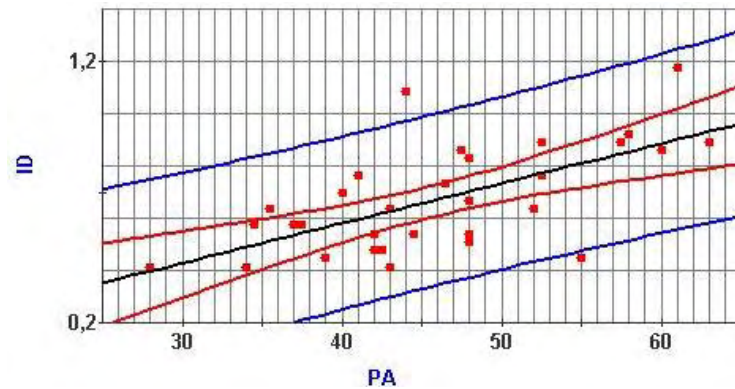
Anexo 42. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del duodeno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



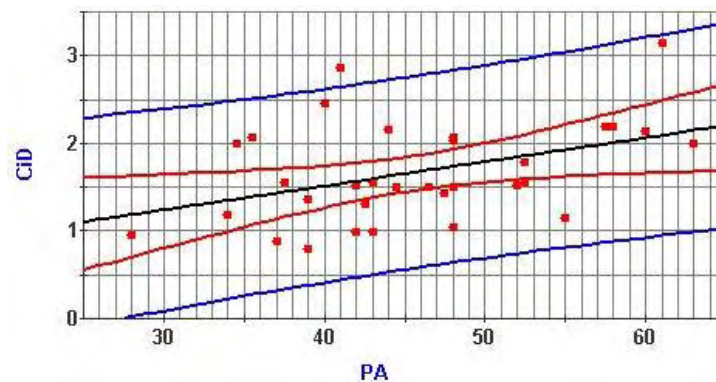
Anexo 43. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del yeyuno (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



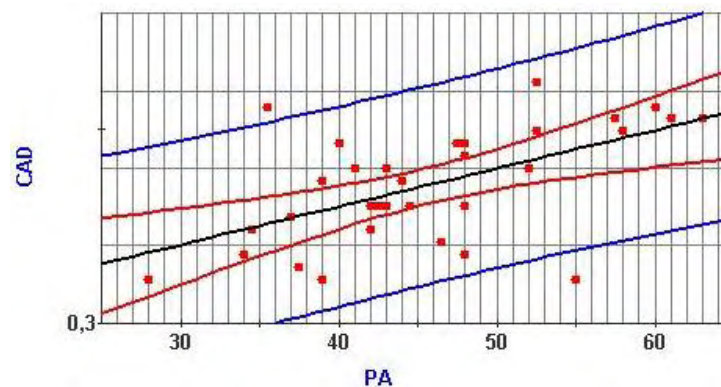
Anexo 44. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del íleon (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



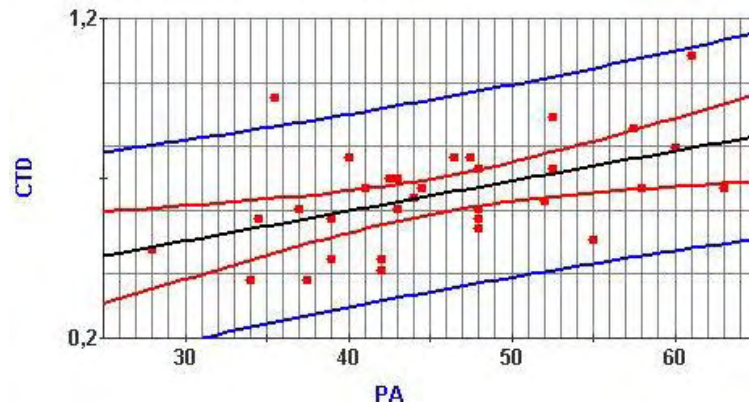
Anexo 45. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del ciego (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



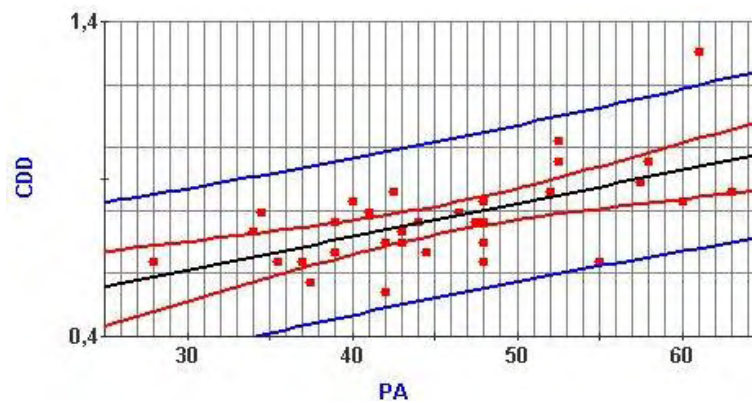
Anexo 46. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del colon ascendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



Anexo 47. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del colon transverso (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



Anexo 48. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del colon descendente (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.



Anexo 49. Modelo de la recta de la regresión lineal simple entre las variables perímetro abdominal (independiente) y diámetro del recto (dependiente) para alpacas crías hasta los 45 días de edad.

